

Niederwolfsgrubner Martin

Thema:

Verpackungsmaschine

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Maschinenbau

Sand in Taufers, 2011

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans- Gerhard Kretzschmar

Zweitprüfer: Dr.-Ing. Tobias Zingerle

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliographische Beschreibung:

Niederwolfsgruber, Martin:

Automatische Verpackungsmaschine für Sinterteile

Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau

Diplomarbeit, 2011

Referat:

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, eine für die Industrie einsetzbare, automatische Verpackungsmaschine zu konzipieren. Angesichts der Vorgaben im Lastenheft ist die Maschine so auszulegen, dass die Bedingungen eingehalten werden. Mit diesen Voraussetzungen hat nur jenes Konzept eine realistische Chance, bei dem die Funktion gegeben ist und die Kosten möglichst niedrig sind. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen werden zunächst alle Ideen aufgelistet und einer Bewertung unterzogen. Danach werden die einzelnen Entwurfsschritte der verschiedenen Komponenten dargestellt. Zum Schluss erfolgt die Beschreibung und Auswertung des Gesamtentwurfs.

Mein besonderer Dank gilt meinen Betreuern, Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans-Gerhard Kretzschmar und meinem Arbeitskollegen Herrn Dr.-Ing. Tobias Zingerle, für die Hilfe bei der Erstellung der Diplomarbeit.

Weiters möchte ich mich bei den Herren der Firma GKN Sinter Metals, die zuständig für dieses Projekt waren, recht herzlich bedanken, denn ohne sie wäre diese Diplomarbeit nie zustande gekommen.

Der größte Dank gilt natürlich meiner Familie, die mich während meines Studiums unterstützt hat und Verständnis dafür aufgebracht hat, dass das Studium sehr zeitintensiv war. Diese Arbeit widme ich meinem kleinen Sohn, mit dem ich jetzt wieder mehr unternehmen kann.

1 Inhalt

1	Inhalt	3
2	Abbildungsverzeichnis.....	6
3	Einleitung.....	8
3.1	Motivation	8
3.2	Aufgabenstellung.....	9
3.3	Auftraggeber.....	12
3.3.1	GKN Sinter Metals.....	12
3.3.2	Standort Bruneck.....	13
3.4	Zielsetzung	13
3.5	Kapitelübersicht	14
4	Automatisierungstechnik	16
4.1	Allgemein.....	16
4.1.1	Grenzen der Automatisierungstechnik	16
4.2	Angewandte Technik	17
5	Projektplan	18
5.1	Projektorganisation	18
6	Konzepterstellung.....	21
6.1	Ideenfindung.....	21
6.2	Konzept-Auswertung	24
6.3	Konzeptplanung.....	25
6.4	Design – Konzept-Erprobung.....	25
7	Projekt-Amortisation	28
7.1	Begriff Amortisation	28
7.2	Amortisation - Berechnung	28
8	Entwicklung – Konstruktion	30
8.1	Grobkonstruktion	30
8.2	Detaillkonstruktion	30

8.3	Maschinenkomponenten.....	31
8.3.1	Grundgestell	31
8.3.2	Teileförderer	33
8.3.3	Handlings-Modul	35
8.3.4	Teileaufnahmeverrichtung.....	36
8.3.5	Papiervorschubeinheit.....	37
8.3.6	Einwickelvorrichtung	39
8.3.7	X-Z-Achse; der Teile-Entlader.....	41
8.3.8	Pufferförderband	43
8.3.9	Zeichnungsableitungen	44
9	Steuerung.....	45
9.1	Steuerungstechnik (Allgemein)	45
9.1.1	Steuern, Steuerung (Definition).....	45
9.1.2	Unterscheidungsmerkmale für Steuerungen	46
9.2	Elektro-pneumatische Steuerung (Allgemein)	48
9.2.1	Pneumatik	48
9.2.2	SPS	50
9.3	Programmstruktur (SPS)	51
9.3.1	Übersicht der Stationen.....	51
9.3.2	Übersicht der Schrittketten	57
10	Implementierung	75
10.1	Fertigung	75
10.2	Beschaffung	76
10.3	Montage	76
10.4	Validierung	77
10.5	Risikoanalyse und Risikobeurteilung	78
11	Ergebnisse und Ausblick	80
11.1	Ergebnisse	80
11.2	Bewertung der Arbeit	81
11.3	Ausblick	81
12	Anlage A	82
12.1	Berechnungen	82
12.1.1	Übersetzungsverhältnis Papiervorschubeinheit	82
12.1.2	Motorenberechnung für Papiervorschub.....	83
12.1.3	Motorenberechnung Einrollvorrichtung	84
12.1.4	Motorenberechnung für die X-Z-Achse	84
12.2	Lastenheft.....	86
12.3	Risikoanalyse- Dokumentation	91
13	Anlage B	99

13.1	Einkaufsliste der Festo-Produkte	99
13.2	Pneumatikplan.....	99
13.3	Explosions-Zeichnungen	99
14	Literatur	108
15	Eidesstattliche Erklärung.....	1

2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Sinterteil FA5207 (Quelle: Sinter Metals)	11
Abb. 2: Sinterteil FA8048 (Eigene Quelle)	11
Abb. 3: Herkömmliche Verpackungsmethode der Sinterteile (Eigene Quelle)	12
Abb. 4: Regelkreis des Projektmanagements (Quelle: Skriptum Projektmanagement)	19
Abb. 5: Form der Stabs-Organisation (Eigene Quelle)	19
Abb. 6: Projektablaufplan (Eigene Quelle)	20
Abb. 7: Halb-Rohr als Versuchsmodell (Eigene Quelle)	22
Abb. 8: Einwickelvorrichtung (Drehteller) (Eigene Quelle)	23
Abb. 9: Zigaretteneinrollmaschine (Eigene Quelle)	23
Abb. 10: Bewertungstabelle (Eigene Quelle)	24
Abb. 11: Anordnung der Rollen bei den Prototypen (Eigene Quelle)	26
Abb. 12: Prototyp (Eigene Quelle)	27
Abb. 13: Einrollversuch mit den Prototypen (Eigene Quelle)	27
Abb. 14: Berechnung der Amortisationszeit (Eigene Quelle)	29
Abb. 15: Grundgestell mit Steuerschrank und Bedienelement (Eigene Quelle)	32
Abb. 16: Teileförderer (Eigene Quelle)	33
Abb. 17: Handlings-Modul (Eigene Quelle)	35
Abb. 18: Teileaufnahmevorrichtung (Eigene Quelle)	36
Abb. 19: Papiervorschubeinheit (Eigene Quelle)	37
Abb. 20: Einwickelvorrichtung (Eigene Quelle)	39
Abb. 21: X-Z-Achse; Teile-Entlader (Eigene Quelle)	41
Abb. 22: Pufferförderband (Eigene Quelle)	43
Abb. 23: Zeichnungsableitungen (Eigene Quelle)	44
Abb. 24: Formen der Informationsdarstellung	46
Abb. 25: Gliederung der Signalverarbeitung	47
Abb. 26: Ventilinseln und Sensorboxen (Eigene Quelle)	49
Abb. 27: Bewegungen des Auffäldorns (Eigene Quelle)	52
Abb. 28: Anzusteuende Elemente der Einrollvorrichtung (Eigene Quelle)	53
Abb. 29: Anzusteuende Elemente der Papierrolle (Eigene Quelle)	54
Abb. 30: Positionspunkte für den Teile-Entlader (Eigene Quelle)	55

Abb. 31: Stapelung der Pakete in die Kisten (Eigene Quelle)	56
Abb. 32: Grundplatte links für die Papierrolleneinheit (Laserteil) (Eigene Quelle)	75
Abb. 33: Untere Einrollvorrichtung Seitenplatte 1 (Laserteil).....	75
Abb. 34: Antriebsrolle für Papiervorschub (Auf Vulkanisiert).....	76

3 Einleitung

Im einleitenden Kapitel werden die Motivation, die Aufgabenstellung und Zielsetzung dieser Diplomarbeit besprochen. Gleichzeitig erfolgt ein kurzer Überblick zu den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit.

3.1 Motivation

Die heutigen Kundenanforderungen an ein Unternehmen, wie rechtzeitige und effektive Produktion neuer Produkte, flexible Reaktion auf Nachfrageschwankungen, Reduzierung der Produktpreise, ein garantiertes hohes Qualitätsniveau und der sparsame Einsatz von Material und Energie, stellen in vielen Unternehmen aus High-Tech-Industrieländern existenzbedrohende Herausforderungen dar. Gerade für Länder, wie Deutschland, Österreich und Italien, mit vergleichsweise hohen Lohn- und Lohnnebenkosten, ist eine strategische Neuorientierung mit dem Ziel, die Zukunft des Unternehmens dauerhaft zu sichern, vonnöten. Mit dem Begriff „Lean Produktion“ oder „schlanke Produktion“ ist eine für Europa neue Unternehmensgestaltungsphilosophie entstanden, die im Rahmen eines ganzheitlichen Ansatzes die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen steigern soll. Die Ziele der schlanken Produktion sind die Vermeidung von Verschwendung in allen Produktionsbereichen, bei der Produktionsentwicklung und auch in der Zulieferkette. Die Einführung der schlanken Produktion bewirkt geringere Kosten, eine Reduktion des Fabrikpersonals, der Fabrikfläche, des Lagerbestandes und der Zeit für die Produktentwicklung bei gleichzeitiger Steigerung der Produktvielfalt und einer Reduzierung der Fehlerzahlen. Für die Wertsteigerung eines Produktes ist ein Minimum an Aufwand für Betriebsmittel, Material, Teile, Platz und Arbeitszeit notwendig. Jeder Aufwand, der über dieses Minimum hinausgeht, wird als Ver-

schwendung bezeichnet. Maschinen, die aufgrund von Ausfällen stillstehen, sind ein Paradebeispiel für Verschwendung. Dieses Verhalten deckt sich vielfach mit dem Wunsch der Unternehmungen nach kostensparender und preisgünstiger Massenproduktion. Aus Kosten- oder Absatzgründen kann entschieden werden, ob eine Produktionsverbesserung auf dem neuesten Stand der Technik rentabel ist oder nicht. Dabei kann es auch zu einer Produktelimination kommen.

3.2 Aufgabenstellung

Die vorliegende Arbeit befasst sich im Rahmen der Aufgabenstellung mit der Konstruktion und dem Bau einer industriell einsetzbaren automatischen Verpackungsanlage für Sinterprodukte FA5207 (Abb. 1) und FA8048 (Abb. 2). Diese wurden bis dato per Hand auf einen Dorn aufgesteckt, anschließend in ein Korrosionsschutzpapier eingerollt und der seitliche Papierüberschuss wurde mit den Fingern in die Bohrung eingestülpt (Abb. 3). Diese Art der Verpackung schreibt die Kundenvorgabe vor.

Eine Verpackungsmaschine soll nun die langwierige und eintönige Handarbeit ersetzen und außerdem Zeit, sprich Kosten, einsparen. Die Anlage soll die Sinterprodukte, die in leicht öligem Zustand direkt am Auslauf einer 100 Tonnen Kalibrierpresse des Typs 60Y-2 vereinzelt und lagegerecht abrutschen und über ein Förderband bereitgestellt werden, schonend in vorgegebener Menge, z. B. 21 Stück (in der Steuerung als Parameter variabel festzulegen), auffädeln und der Anlage lagegerecht, sowie in exakter Position zuführen. Anschließend sollen die Produkte automatisiert als Pakete in Korrosionsschutzpapier mit den Abmaßen 260 x 200 (Typ Branorost U) eingerollt und die diesbezüglichen Enden eingefaltet werden. Die Verpackungsmaschine muss so ausgelegt sein, dass mindestens 25 Teile/min verpackt werden können. Anschließend sollen die Pakete automatisch auf einem Puffer abgelegt werden, (ggf. über Rutsche und Förderbandpuffer), um ein ergonomisch günstiges Abnehmen per Hand zu gewährleisten. Die Größe des Puffers soll ein autonomes Arbeiten der Anlage bis zu einer Stunde ermöglichen. Allerdings

wurde im Laufe des Projekts beschlossen, dass die Pakete automatisch in Kisten vom Typ KLT eingelagert werden, sodass die Autonomie auf ca. 30 min gesenkt werden konnte.

Beschädigungen der Produkte durch die Anlage sind grundsätzlich zu vermeiden. Außerdem musste die Maschine so ausgelegt werden, dass Bedienelemente übersichtlich und ergonomisch angebracht bzw. Wechsel- und Wartungseinheiten einfach zugänglich sind.

Pneumatik-Komponenten sollten von der Fa. Festo sowie die elektrischen Komponenten (SPS, Schütz usw.) von der Fa. Siemens verwendet werden.

Außerdem muss eine angemessene Überwachung der Maschinen- und Bewegungselemente durch ausreichende Bestückung mit Sensoren gewährleistet sein. Die CE-Konformitätserklärung¹ nach CEE 89/392 galt es zu erfüllen. Die Dokumentation, Risikoanalyse, Ersatzteilzeichnungen und Betriebsanleitung sollten in einem Benutzerhandbuch der Maschine beigelegt werden.

Die gesamte Maschine soll mit Hilfe des MB-Systembaukastens der Fa. item² realisiert werden, was sich im Zuge der Projektarbeit als sehr nützlich herausstellte. So konnte das Grundgestell mit Standardkomponenten viel schneller geplant, gefertigt und zusammengestellt werden.

Technisch begleitet und finanziell gesponsert wurde das gesamte Projekt von der Fa. GKN Sinter Metals, da die Anlage auch dort zum Einsatz kommt. Die Kosten für die Hardwarekomponenten wurden zu Projektbeginn mit ca. 65.000 € veranschlagt und vom Geschäftsführer genehmigt.³

¹ Kennzeichnung für bestimmte Produkte in Zusammenhang mit der Produktsicherheit.

² Siehe item-Produktkatalog, www.item.com.

³ Siehe Lastenheft, im Anhang A vollständig enthalten.



Abb. 3: Herkömmliche Verpackungsmethode der Sinterteile (Eigene Quelle)

3.3 Auftraggeber

3.3.1 GKN Sinter Metals

ist der weltweit führende Hersteller von pulvermetallurgisch erzeugten Bauteilen. Das expandierende, globale Netzwerk unterhält mehr als 30 Werke, welche strategisch über Nord- und Südamerika, Deutschland, Italien, Großbritannien, Skandinavien sowie Südafrika verteilt sind. Weiters existieren Joint Ventures⁴ in China und Indien. Die wachsende Anzahl der Beschäftigten beläuft sich derzeit auf zirka 7.000 Mitarbeiter/innen. GKN Sinter Metals ist eine Tochtergesellschaft der englischen GKN plc., welche weltweit in den Industriebereichen Automobil, Luftfahrt und Dienstleistung tätig ist. GKN Sinter Metals bietet seinen Kunden weltweit beinahe die gesamte Bandbreite an pulverme-

⁴ Gemeinsame Tochtergesellschaft von mindestens zwei rechtlich und wirtschaftlich getrennten Unternehmen.

tallurgischen Produkten, Technologien und Serviceleistungen. Das Unternehmen erzeugt weit mehr als 4.000 Produkte. Die Industriebereiche, welche von GKN beliefert werden, sind die Automobil- und Kraftfahrzeug-, die Haushalts- und Gartenindustrie, Bürogeräte, Elektrowerkzeuge, die Freizeit-Industrie u.v.m. In Italien befinden sich zwei Werke der GKN Sinter Metals, und zwar in Cernusco (MI) und in Bruneck.⁵

3.3.2 Standort Bruneck

1967 wurde die Bound Brook Italia, die 1968 die Fertigung von Sinter-Gleitlagern in einer Halle der damaligen Birfield aufnahm, gegründet. 1970/1971 wurde das Werk in den GKN-Konzern eingegliedert. Im Jahr 1974 wurde eine eigene Produktionshalle der GKN Bound Brook fertig gestellt. Dort wurden nach kurzer Zeit alle Geschäftsaktivitäten aufgenommen. 1993 sorgte eine weltweite Krise im Automobilsektor für Unruhen. Ab 1993 wurden regionale und globale Funktionen verstärkt von Mitarbeitern der beiden Brunecker Betriebe, Birfield und Bound Brook, übernommen. 1997 wurde die GKN Bound Brook in GKN Sinter Metals umbenannt.

3.4 Zielsetzung

Das primäre Ziel des Projekts war es, ein Konzept zu erstellen, welches die Anforderungen des Lastenheftes erfüllte, nämlich das automatische Einrollen der Sinterteile in das Verpackungspapier. Dazu gehörte auch der Auftrag, einen Mechanismus arbeitstauglich zu konzipieren, der die Teile auf einen Dorn stapelt und sie dann dem Einrollmechanismus zuführt. Dies sollte auch nach den vorgeschriebenen Kriterien passieren, wie sanfte und schonende Verlagerung der empfindlichen Sinterteile, sodass keine Beschädigungen an den Aussparungen und Kanten entstehen können.

⁵ Vgl. http://www.technokontakte.at/main.php?mainKatId=1&v_nr=315&detail=true&detail=true.

Ein weiteres Ziel war die Automatisierung dieser Mechanismen und deren Steuerungen so zu entwickeln, sodass die Anlage mit den Richtlinien der Maschinenpresse übereinstimmt.

Ein wesentliches Ziel war aber auch das wirtschaftliche Spektrum, das in Betracht gezogen werden musste. Die anfallenden Kosten zur Herstellung der Anlage sollten sich in einigen Jahren gegenüber den Lohnkosten, die für die Verpackung mittels Handarbeit eingespart werden, decken. Deswegen war auch eine Projektgesamtkostenplanung sehr wichtig, die eine gewisse Klarheit über dieses Projekt verschafft.

3.5 Kapitelübersicht

Die Diplomarbeit ist in folgende Kapitel eingeteilt:

Nach dem allgemeinen Kapitel 3 Einleitung, werden im Kapitel 4 Automatisierungstechnik die allgemeinen Techniken angeführt, die bei diesem Projekt zur Anwendung kamen. Im Kapitel 5 Projektplan wird der Projektablaufplan und die Projektstruktur aufgelistet. Anschließend werden im Kapitel

6 Konzepterstellung verschiedene Ideen und Konzeptentwicklungen vorgestellt, die in Verbindung mit dem Lastenheft ausgearbeitet wurden. Eine Auswertung der verschiedenen Konzepte sowie der Bau eines Prototyps ergänzen dieses Kapitel. Im Kapitel 7 Projekt-Amortisation wird die Amortisationszeit von diesem Projekt ermittelt. Anschließend im Kapitel 8 Entwicklung – Konstruktion wird das scheinbar beste Konzept für diese Anlage beschrieben und in detaillierten Einzelkonstruktionen vorgestellt. Dazu werden auf Basis des Lastenheftes die einzelnen Baugruppen designt. Zusätzlich werden technische Hilfsmittel, wie Handlings Module und verschiedene andere Einkaufsteile, vorgestellt, die mithilfe von Katalogen ausgewählt wurden. Im Kapitel 9 Steuerung werden die Grundlagen der Steuerungsmöglichkeiten vorgestellt und der Strukturplan der SPS-Steuerung aufgelistet. Im nächsten Kapitel 10 Implementierung werden die Schritte erläutert, welche zur Fertigstellung der verschiedensten Einzelteile notwendig waren und die Beschaffenheit der ein-

zelnen Normteile und der Einkaufsteile. Ergänzend werden noch eine Sicherheitsbeschreibung und die Inbetriebnahme der Maschine angeführt.

Schließlich werden im Kapitel 11 Ergebnisse und Ausblick die Resultate der einzelnen Kapitel der Diplomarbeit noch einmal zusammengefasst. Hier werden auch die Leistungen des Diplomanden aus seiner Sicht skizziert. Zusätzlich wird ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen gegeben.

4 Automatisierungstechnik

In diesem Kapitel werden die Automatisierungstechnik, allgemeine sowie die verschiedenen Möglichkeiten und deren Einsatzgebiete beschrieben. Speziell die für dieses Projekt verwendeten Techniken werden genauer und ausführlicher aufgelistet.

4.1 Allgemein

Die Automatisierungstechnik hat das Ziel, Maschinen oder Anlagen zu automatisieren, damit sie selbstständig und ohne Mitwirkung von Menschen betrieben werden können. Natürlich ist auch der Grad der Automatisierung von Bedeutung. Darunter versteht man, wie eigenständig eine Anlage oder sonstige Fertigungsstraßen arbeiten können. Gewisse Aufgaben, wie Überwachung, Nachschub und Abtransport von Teilen und Wartung der Maschinen, werden des Öfteren noch von Hand ausgeführt. Der Trend hin zu einer vollständigen Automatisierung ist nicht mehr zu stoppen.

Durch die Fortschritte in der Elektronik (Mikroprozessoren) kann dieses Ziel mit vertretbarem Aufwand erreicht werden. Neben der Entlastung des Menschen von gefährlichen und/oder anstrengenden Tätigkeiten sind Qualitätsverbesserungen, eine höhere Leistungsfähigkeit des jeweiligen Systems, sowie die Senkung von Personalkosten die Gründe und Motivation, Automatisierungstechniken einzusetzen.

4.1.1 Grenzen der Automatisierungstechnik

Die Anwendbarkeit der Automatisierungstechnik beschränkte sich am Anfang auf die Großserienproduktion. Durch den Einsatz flexiblerer Anlagen ist es heutzutage jedoch möglich, die Produktion von Kleinserien bis hinunter zu

Einzelstücken zumindest teilweise zu automatisieren. Die Grenze für den Einsatz der Automatisierung ergibt sich heutzutage meistens aus der Wirtschaftlichkeit. Komplexe Bewegungsabläufe zu automatisieren ist in den meisten Fällen prinzipiell möglich, kann aber eine kostspielige Angelegenheit sein, wenn dazu der Einsatz aufwändiger Roboter erforderlich wird. In vielen Fällen ist es auch beim Lohnniveau westlicher Industriestaaten billiger, menschliche Arbeitskräfte einzusetzen. Dies trifft vor allem auf den Zusammenbau von Produkten zu (Endfertigung). Zwar lässt sich durch entsprechendes Design die Eignung eines Produkts für die automatisierte Fertigung verbessern, dies ist aber nicht immer gewünscht oder wirtschaftlich sinnvoll. Eine ganz andere Grenze der Automatisierung ist die nachlassende Aufmerksamkeit des Überwachers durch ein übermäßiges Vertrauen in das automatische System, (Complacency-Effekt).⁶

4.2 Angewandte Technik

Die technischen Hilfsmittel, die notwendig waren, um diese Anlage zu automatisieren, sind in erster Linie die verschiedensten Handlings-Module, Lineareinheiten, Pneumatik-Zylinder, Sensoren, Bedienelemente und deren Steuerung. Die pneumatischen Bausteine wurden von der Fa. Festo und die der Steuerungs- und Regelungstechnik von der Fa. Siemens ausgewählt. Die jeweiligen Hilfsmittel und deren Einsatzgebiete sowie die angewandte Steuerung werden im Kapitel 9 genauer beschreiben.

⁶ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Complacency-Effekt>.

5 Projektplan

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Projektorganisation zur Anwendung kam und welche Personen sich am Projekt beteiligt haben und deren organisatorischen Hintergründe.

5.1 Projektorganisation

Da die Fertigstellung dieser Anlage eine zeitliche Begrenzung hatte, war eine Projektplanung vonnöten, um den gewünschten Termin einzuhalten. Ein funktional gesteuertes Projektmanagement, das eine Einordnung des Projektes in die Ablauforganisation des Unternehmens, d. h. Planung, Steuerung und Kontrolle der einzelnen Arbeitsschritte, unterstützt, sollte das Erreichen des Projektzieles gewährleisten. Die Arbeitsschritte und die dementsprechenden Steuerungsmaßnahmen wurden in einem Regelkreis⁷ des Projektmanagements festgelegt.

Weiters ist ein Projektablaufplan (Abb. 6) erstellt worden, der in der Folge Aussagen über den zeitlichen Ablauf des Gesamtprojektes enthält und vom Netzplan abgeleitet worden ist. Die Darstellungsform ist ein Balkendiagramm, das sog. Gantt-Diagramm.

Eine Projektgesamtkostenplanung, die eine Aussage über die Summe aller Kosten enthält, die ein Projekt verursacht, das als Basis für eine sog. Deckungsbetrags- und Break-Even-Rechnung dient, ist ebenfalls erstellt worden.

⁷ Siehe Skriptum aus Projektmanagement.

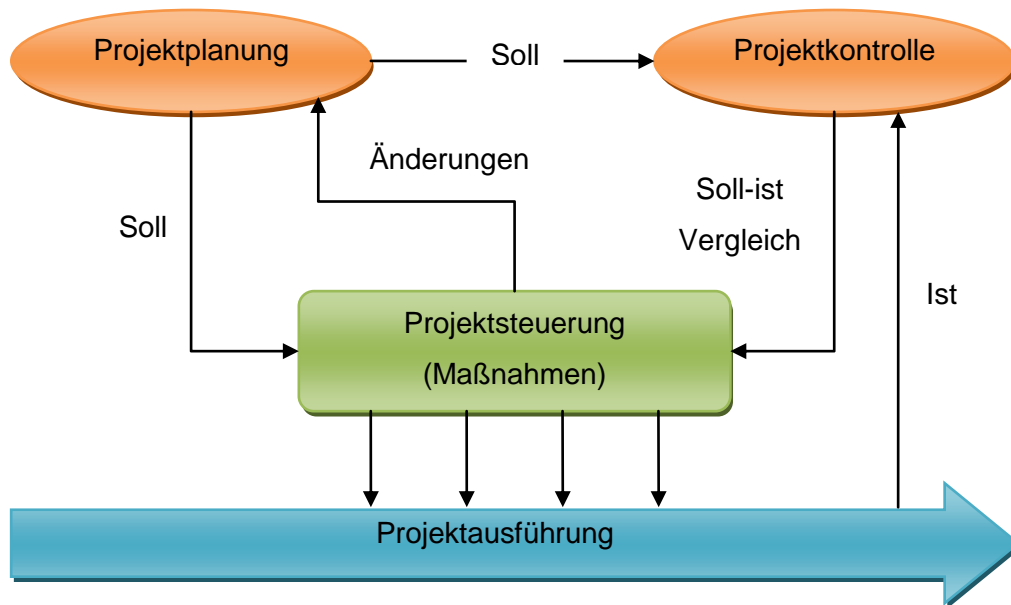


Abb. 4: Regelkreis des Projektmanagements (Quelle: Skriptum Projektmanagement)

Das Projekt wurde einer Form der Stabs-Organisation zugeordnet, die entscheidungstragende Tätigkeiten, wie die verantwortlichen Linienstellen zu unterstützen, Informationen zu beschaffen und zu verarbeiten und insoweit Entscheidungen vorzubereiten und zu treffen, inne hatten.

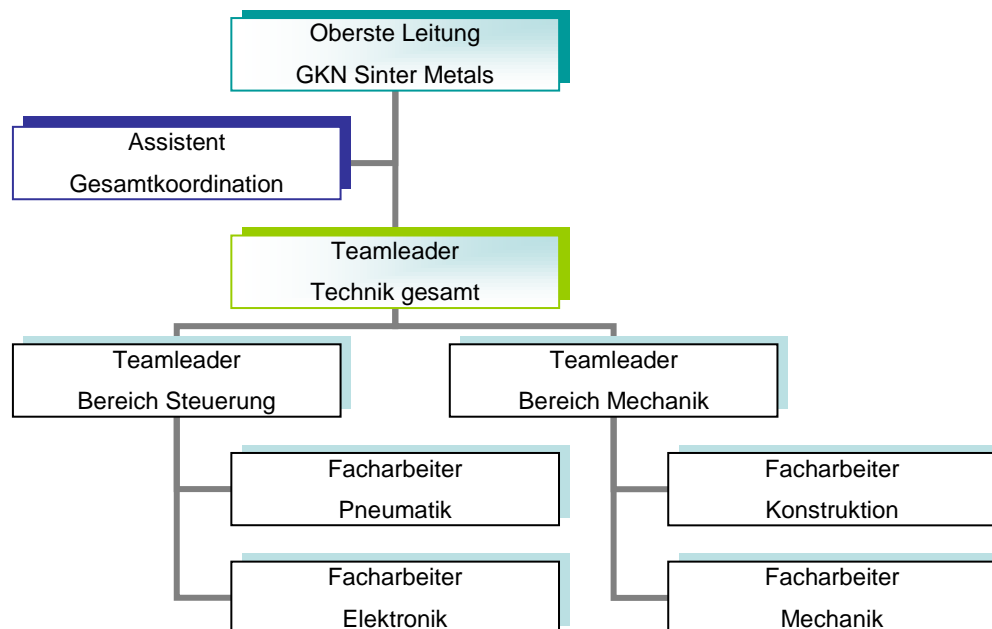


Abb. 5: Form der Stabs-Organisation (Eigene Quelle)

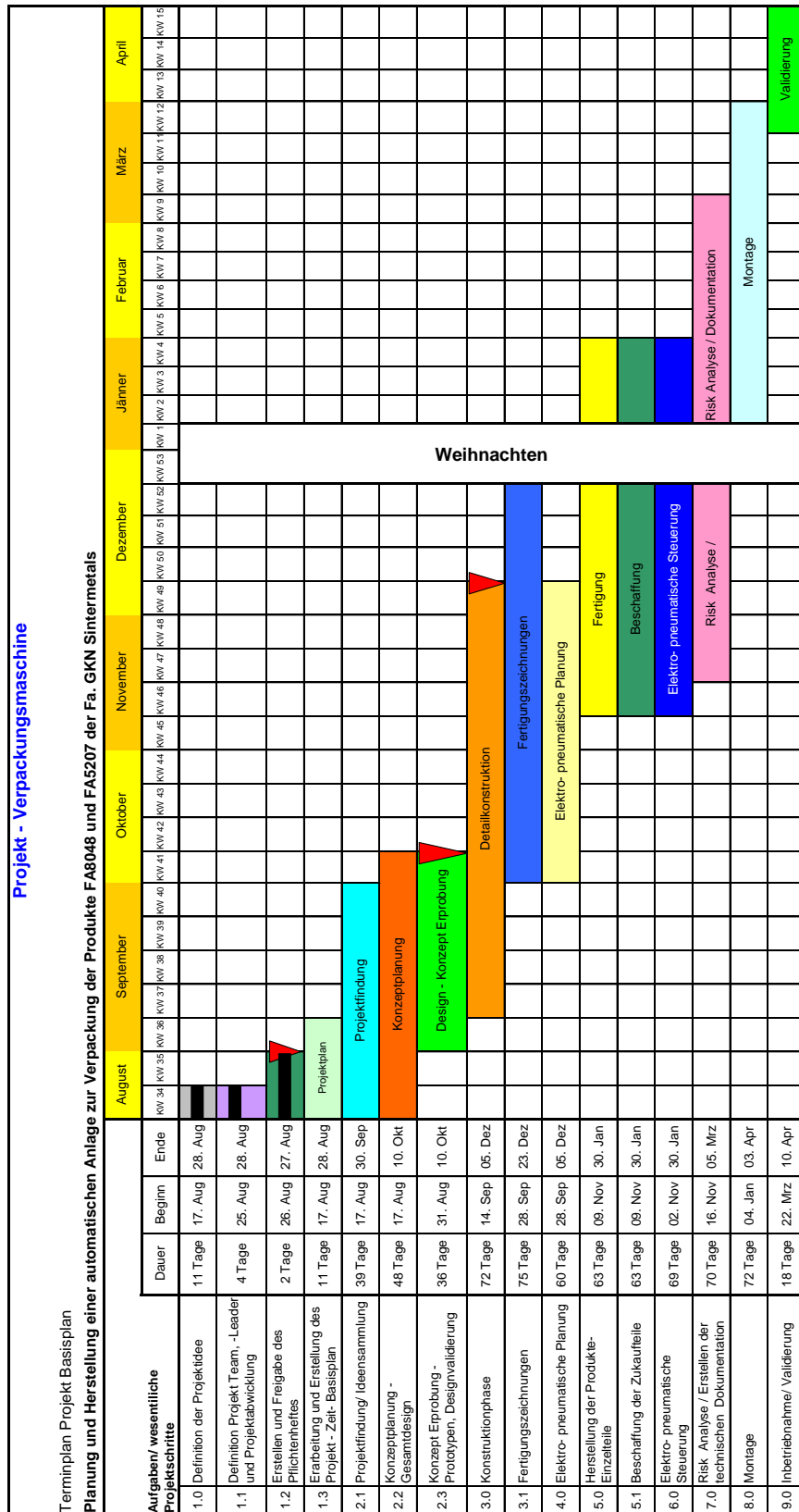


Abb. 6: Projektablaufplan (Eigene Quelle)

6 Konzepterstellung

In diesem Kapitel werden die Schritte bzw. Ideen aufgelistet, die im Raum standen, bis die bestmögliche Lösung zur Realisierung dieser Maschine in Ausarbeitung weiter entwickelt wurde.

6.1 Ideenfindung

Dieser Bereich war wohl der aufwendigste und schwierigste vom ganzen Projekt. Das Herantasten an ein brauchbares Konzept erforderte viel Zeit und auch eine gewisse Erfahrung. Zunächst galt es zu analysieren, welche Baugruppe die primäre war und welche weiteren Baugruppen notwendig waren, um der Anlage eine automatische Funktion zu gewährleisten. Bei dieser Verpackungsmaschine stand das Einrollen im Vordergrund, die anderen Baugruppen mussten angepasst werden.

Verschiedene Ideen standen im Raum, mussten aber wieder verworfen werden, da bei weiteren Überlegungen die Funktion nicht gegeben war.

Ein solcher Entwurf war mit einem multifunktionellen, sehr komplexen Greifer ausgestattet, der das Papier um die Teile wickeln und die Papierenden eindrücken sollte. Stabilitätsprobleme, Platzmangel und Koordinationsschwierigkeiten mit den anderen Baugruppen waren die Hauptursachen, diese Idee wieder zurückzustellen.

Ein weiterer Skizzenentwurf stand im Raum, mit einem Halb-Rohr (Abb. 7), in welches das Papier eingelegt wird und die Teile mittels Dorn zugeschwenkt werden. An der Drehfunktion der Teile und den weiteren Abläufen, wie dem Abtrennen des Verpackungspapiers, scheiterte auch diese Überlegung.

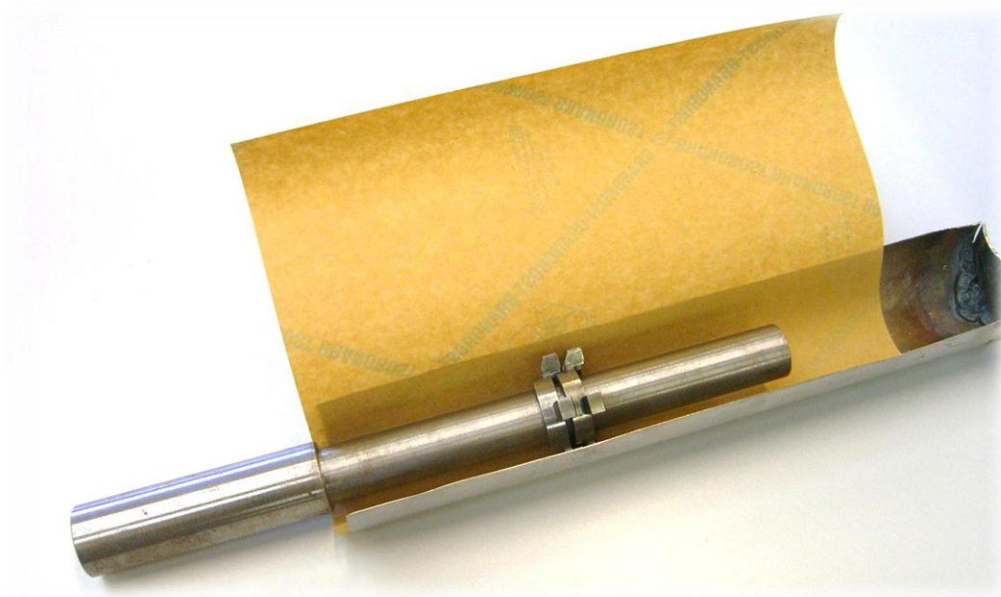


Abb. 7.: Halb-Rohr als Versuchsmodell (Eigene Quelle)

Aufbauend auf die letzten Entwürfe wurde eine Baugruppe (Abb. 8) entwickelt, mit vier Dornen, die auf einen Drehteller kreuzförmig angeordnet waren. Jeder Dorn war mit einem Motor, einer Klemmvorrichtung für die Teile und einem Papiermitnehmer ausgestattet. Die Vorrichtung war auf beidseitige Einwickelvorgänge ausgelegt, die mit Umlenkrolle und Schneidvorrichtung vorgesehen waren.

Der gedachte Ablauf sah folgendermaßen aus:

- Die Teile werden mit einem Handling auf zwei Dornen geladen.
- Das Papier wird unter der Klemmvorrichtung eingeführt.
- Der Motor wird angesteuert und die Teile werden eingewickelt.
- Das Papier wird abgetrennt.
- Der Aufbau, auf dem sich die Dornen befinden, dreht sich um 90°.
- Die eingewickelten Teile werden von den Dornen entnommen und in einer anderen Vorrichtung weiter verarbeitet. Währenddessen werden die zwei anderen Dornen bestückt.
- Der Einrollzyklus beginnt wieder von vorne.

Die Funktion war bei diesem Konzept gegeben, aber für einen störungsfreien, automatischen Ablauf war der ganze Aufbau zu kompliziert. Beim Abnehmen der Teile vom Dorn galt die Gefahr, dass die Teile umfallen, bevor die Enden

des Papiers eingedrückt werden. Eine schlechte Bewertung erhielt dieses Konzept auch bei den Abmaßen, weil die beidseitige Einwickelvorrichtung zu viel Raum benötigte.

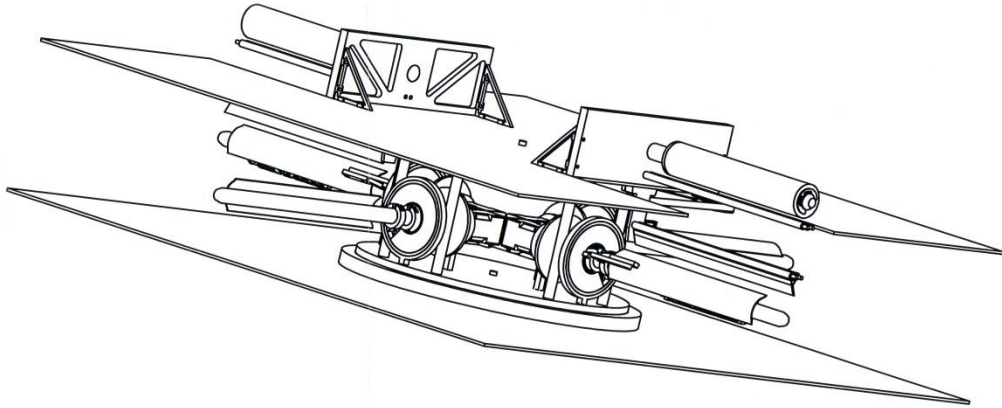


Abb. 8: Einwickelvorrichtung (Drehteller) (Eigene Quelle)

Weitere Ideen wurden gesammelt, bis endlich eine brauchbare darunter war. Den Anstoß für dieses Konzept war eine Zigaretteneinrollmaschine (Abb. 9), die mit zwei Rollen und mit einem Einrollband ausgestattet ist. Diese Maschine funktioniert so, indem man den Tabak auf dem Einrollband zwischen zwei Rollen einklemmt und dann eine Rolle dreht. Dabei bildet sich eine Tabakrolle, die anschließend von Zigarettenspapier umhüllt wird. Auf einem ähnlichen Prinzip ist der Einrollmechanismus aufgebaut.

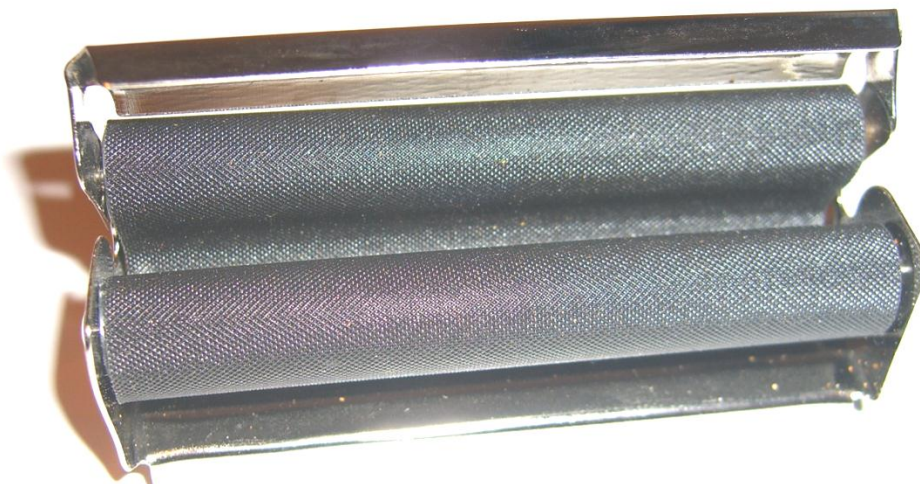


Abb. 9: Zigaretteneinrollmaschine (Eigene Quelle)

6.2 Konzept-Auswertung

Um einen Gesamtüberblick über die Konzeptentwicklung zu erlangen, wurden die einzelnen Konzepte in einer Tabelle aufgelistet und Punkte an die Bewertungskriterien verteilt. Damit wurde bewertet, inwieweit Funktion, Wiederholgenauigkeit und Prozesssicherheit gegeben sind. Weitere Kriterien, die in die Bewertung mit einfließen, waren natürlich die anfallenden Kosten, die Kompatibilität der einzelnen Komponenten untereinander sowie deren Abmaße.

Bewertungstabelle 1: Konzepte-Auswertung					
Es wird bewertet, inwieweit das Konzept optimal ist.					
		Konzepte			
	Punkte	Multifunktionseller Greifer	Halb-Rohr	Drehteller	Einrollmaschine
Funktion	max. 10	2	2	5	9
Wiederhol-Genauigkeit	max. 10	5	3	6	9
Abmessungen-Kompatibilität	max. 10	2	7	5	8
Prozesssicherheit	max. 10	6			9
Kosten*	max. 10	5	6	4	4
Summe		20	18	20	39
*Bei max. Punkte bedeutet geringe Kosten					

Abb. 10: Bewertungstabelle (Eigene Quelle)

Anhand dieser Bewertungstabelle wurde das Konzept mit der Einrollmaschine weiter in Betracht gezogen und darauf aufgebaut.

6.3 Konzeptplanung

Die Entwicklungsphase beruhte auf diesem Konzept der Zigaretteneinrollmaschine und wurde nach reichlichen Überlegungen und Versuchsserien folgendermaßen aufgebaut: Die Variante besteht aus acht Rollen, die kreisförmig angeordnet sind, wobei jede einzelne Rolle angetrieben wird und die oberen drei Rollen wegklappen können (Abb. 12). Die Rollen sind alle mit Gummi beschichtet, um eine bessere Mitnahme des Papiers beim Einrollzyklus zu gewährleisten. Der automatische Papiervorschub erfolgt über zwei angetriebene Rollen, die das Papier zusammenklemmen und über den Einrollmechanismus schieben. Anschließend wird das Papier auf die gewünschte Länge abgetrennt. Ein Handling bestückt unterdessen einen Dorn mit Teilen, die von der Kalibrierpresse kommend, auf einem Förderband zu einem Sensor befördert werden. Der Dorn mit den Teilen wird auf das Papier geschwenkt, das sich oberhalb der fünf Rollen befindet. Die drei oberen Rollen werden anschließend dazu gefahren. Nun beginnen sich alle acht Rollen zu drehen, bis die Teile vollständig im Papier eingewickelt sind. Anschließend werden die Papierenden eingestülpt und die Packung wird mit einem Greifer in die Kiste verladen.

6.4 Design – Konzept-Erprobung

Mit einem Prototypenbau wurde die Funktionsfähigkeit dieses Entwurfes bestätigt. Die treibenden Zahnräder, für den Antrieb der einzelnen Rollen, wurden aus der eigenen Sinterproduktion verwendet. Ausgehend von den Abmaßen dieser Zahnräder konnte die Berechnung für die Anordnung der Rollen angesetzt werden. Folgende Aspekte gab es dabei zu beachten:

- Die Rollen dürfen sich nicht berühren.
- Die kreisförmige Anordnung der Rollen muss so ausgelegt sein, dass sich ein Innendurchmesser entsprechend dem Außendurchmesser der Teile ergibt.

- Die oberen drei Rollen müssen wegfahrbar und schwenkbar sein.

Wie oben schon erwähnt, wurden verschiedene Varianten getestet, speziell beim Antrieb der Rollen wurden ständig Optimierungen vorgenommen, bis nach dem vierten Anlauf die beste Funktion des Einrollsystems gegeben war. Um die Kosten beim Prototypenbau in Grenzen zu halten, wurde die Beschichtung der Rollen einfach mit einem Fahrradschlauch realisiert, außerdem wurde dem Erscheinungsbild auch noch keine Aufmerksamkeit gewidmet. Mit dem Zubau weiterer Einheiten an den Prototypen konnte die Simulation noch verbessert werden, so diente er auch als Grundlage für die Berechnungen der Drehmomente am Antrieb.

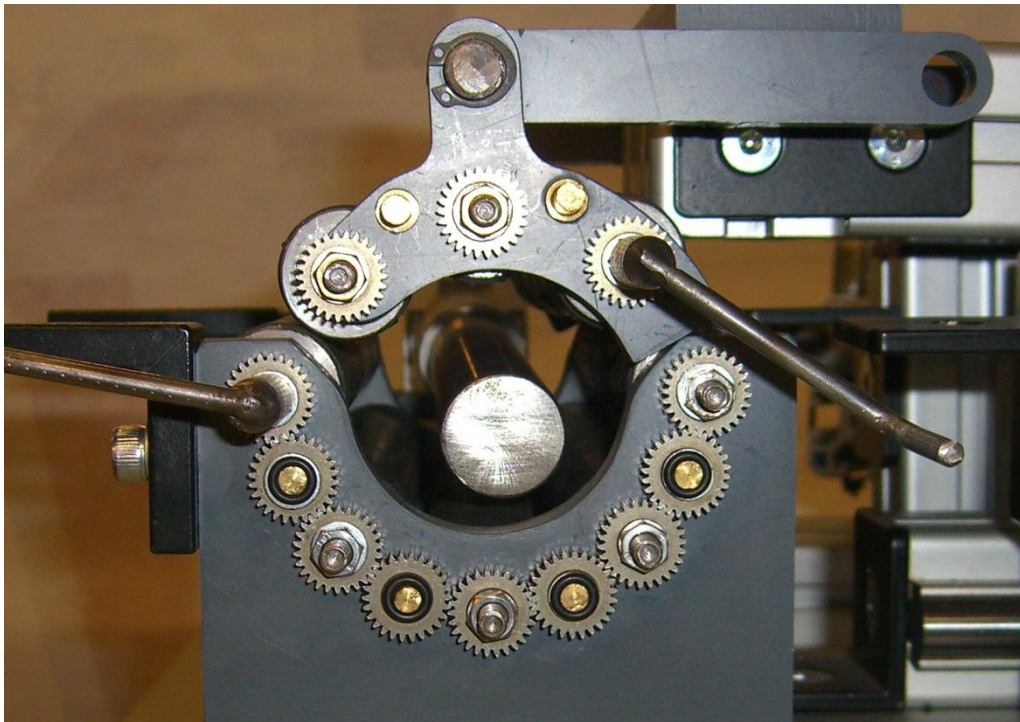


Abb. 11: Anordnung der Rollen bei den Prototypen (Eigene Quelle)

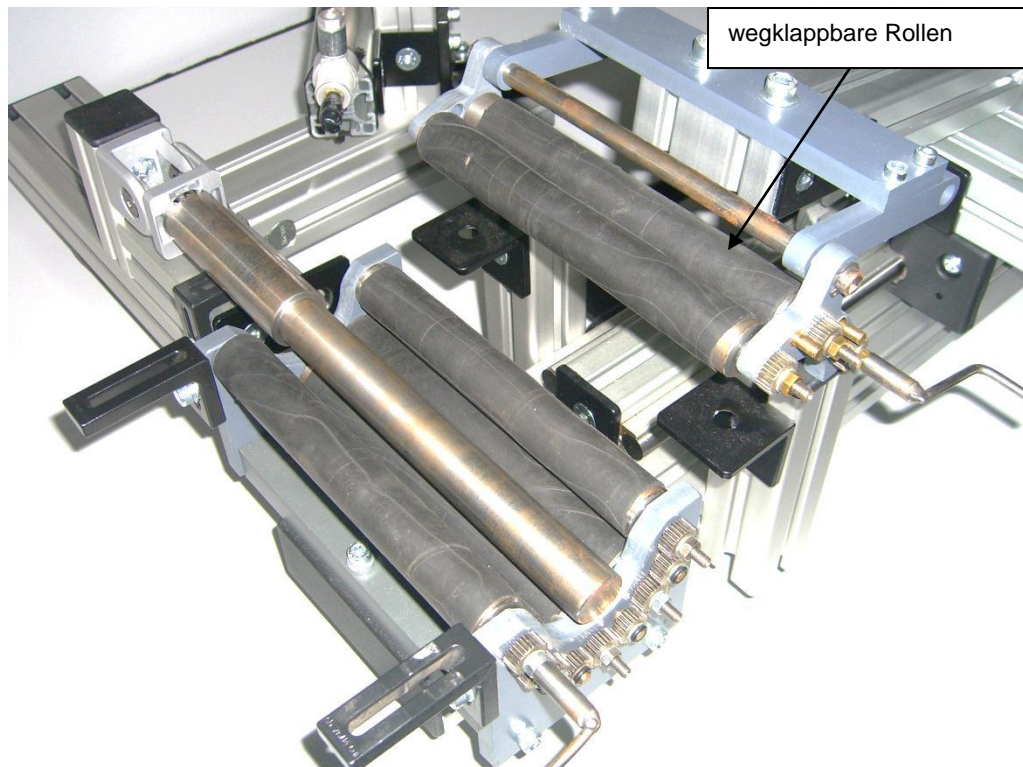


Abb. 12: Prototyp (Eigene Quelle)

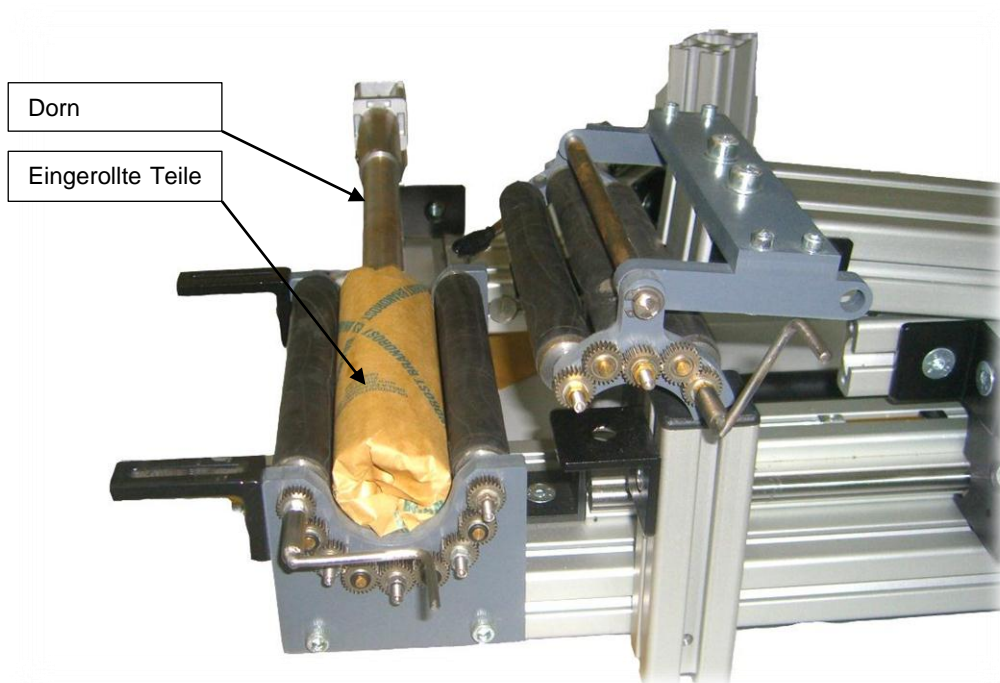


Abb. 13: Einrollversuch mit den Prototyp (Eigene Quelle)

7 Projekt-Amortisation

In diesem Kapitel wird der Begriff Amortisation erläutert und die Berechnung der Amortisationszeit angeführt.

7.1 Begriff Amortisation

Der Begriff Amortisation kommt vom Französischen *amortir*, tilgen und wird heute für den wirtschaftlichen Kontext verwendet, in dem anfängliche Aufwendungen für ein Projekt und die dadurch entstehenden Kosten sich mit dem entstehenden Gewinn decken. Die Dauer dieses Prozesses wird Amortisationszeit genannt.⁸

7.2 Amortisation - Berechnung

In die Berechnung der Amortisationszeit fließen die Anschaffungskosten, sprich die verursachten Gesamtkosten des Projekts, die in Verhältnis zu den jährlichen Abschreibungen, den durchschnittlichen Gewinn und den kalkulatorischen Zinsen stehen. Der Gewinn wird aus der Differenz von den alten und neuen Verpackungskosten ermittelt.

⁸ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Amortisation>.

Kalkulatorische Berechnung der Amortisationszeit

Verpackungsmethode		
	Alt	Neu
Verpackungszeit / Rolle	2	1,5 min / Rolle
Rollen / Stunde	30	40 Rollen / Stunde
Variable Kosten / Stunde	14	6,3 €/h
Verpackungskosten / Ro	0,467	0,158 €/Rolle
<hr/>		
Zu verpackende Rollen	33500	33500 Rollen/J
Variable Kosten / Jahr	15633,33	5276,25 €/J
<hr/>		
Prozent Fixkosten	17	17 %
Fixkosten / Jahr	2657,67	896,96
Gesamtkosten	18291	6173,21 €/J
<hr/>		
Gewinn / Jahr	12117,79	€/J
<hr/>		
Anschaffungskosten	60000	€
Jährliche Abschreibung	2000	€
<hr/>		
Amortisationszeit	4,25	Jahre (ohne Kalk. Zinsen)

Kosten Arbeiter:	
Monatslohn	2800 €
Stunden / Tag	8 h/Tag
Tage / Monat	25 Tage/M
Euro / Stunde	14 €/h
<hr/>	
Sonstige Kosten:	0 €/h
Gesamtkosten	14 €/h (variabel)
<hr/>	
Kosten Maschine	
Strom	0,5 €/h
Druckluft	0,8 €/h
Verbrauchsmateri	5 €/h
Sonstiges	€/h
Gesamtkosten	6,3 €/h (variabel)

Kosten Arbeiter:

Monatslohn	2800 €
Stunden / Tag	8 h/Tag
Tage / Monat	25 Tage/M
Euro / Stunde	14 €/h
Sonstige Kosten:	0 €/h
Gesamtkosten	14 €/h (variabel)

Kosten Maschine

Strom	0,5 €/h
Druckluft	0,8 €/h
Verbrauchsmateri	5 €/h
Sonstiges	€/h
Gesamtkosten	6,3 €/h (variabel)

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{jährliche Abschreibungen} + \text{durchschnittlicher Gewinn} + \text{kalkulatorische Zinsen}}$$

Abb. 14: Berechnung der Amortisationszeit (Eigene Quelle)

8 Entwicklung – Konstruktion

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise erläutert, vom primären Bauteil ausgehend, bis hin zur Entwicklung der weiteren Baugruppen, die auf das Grundgestell angepasst wurden.

8.1 Grobkonstruktion

Nach dem Bau des Prototypen, aus dem viele nutzbare Entschlüsse entnommen werden konnten, begann die effektive Konstruktionsphase.

In einer Grobkonstruktion wurden die verschiedenen Baugruppen erarbeitet, auf ihre Funktion getestet, aufeinander abgestimmt, logisch verknüpft und räumlich günstig angeordnet. Für die verschiedensten Komponenten mussten auch die geeigneten Bewegungselemente, wie Führungen, Lagerungen und deren Befestigungselemente sowie die Antriebselemente, wie Motoren und Zylinder, berechnet und ausgewählt werden.

8.2 Detailkonstruktion

Nachdem die Baugruppen als Grobkonzept die Validierung und Freigabe anlässlich der Reviews erhielten, begann die Planung der Details. Die bestmögliche Positionierung für die Befestigungsschrauben und Sensoren wurde gewählt und auf die übrigen Komponenten abgestimmt. Anschließend konnten die Komponenten in das Grundgestell eingepasst werden, welches dann die endgültige Form erhielt. Unter Berücksichtigung der Montagefähigkeit, der Wartungsaspekte sowie dem gutem Aussehen, wurden die Leitungskanäle für die Stromversorgung und Pneumatik-Schläuche positioniert.

8.3 Maschinenkomponenten

In diesem Kapitel werden die einzelnen Maschinenkomponenten aufgelistet und beschrieben.

8.3.1 Grundgestell

Das Grundgestell, besteht aus den Elementen des MB-Systembaukastens⁹, diese können in vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten zum Bau von Maschinen, Vorrichtungen und Anlagen verwendet werden. Der Item-MB-Systembaukasten ist die ideale Basis für den Aufbau von modernen Arbeitsplätzen. Von einfachen Standardarbeitsplätzen bis hin zu speziellen ergonomischen Lösungen für individuelle Anforderungen lassen sich unterschiedlichste Varianten der Arbeitsplatzgestaltung erstellen. Die unterschiedlichen Komponenten können nach ihren Funktionen geordnet und sinnvoll zusammengefasst werden. MB-Schutz- und Trennwandsystemelemente decken ein weites Spektrum von Gestellen und Rahmenkonstruktionen ab und stellen so sicher, dass Personen nicht in einen laufenden Fertigungsprozess eingreifen können bzw. durch bewegte Komponenten einer Betriebs- oder Produktionseinrichtung gefährdet werden. Ebenso wird ein unerlaubter Zugriff auf Produkte o. Ä. zuverlässig verhindert.

Das Grundgestell (Abb. 15) hat in diesem Projekt die Aufgabe, die einzelnen Maschinenkomponenten aufzunehmen und den Arbeitsbereich und deren Gefahrenzonen abzusichern. Der Steuerkasten [1] und das Bedienungsfeld [2] sind ebenfalls am Gestell angebracht. Das Gestell ist mit Rädern ausgestattet, damit die gesamte Anlage leicht und schnell an die jeweiligen Pressen positioniert werden kann. Zusätzlich sind an den Stehern Verstell-Schrauben angebracht, die ein genaues Ausrichten der Anlage ermöglichen.

⁹ Vgl. <http://catalog.item.info/Onlinekatalog/>.

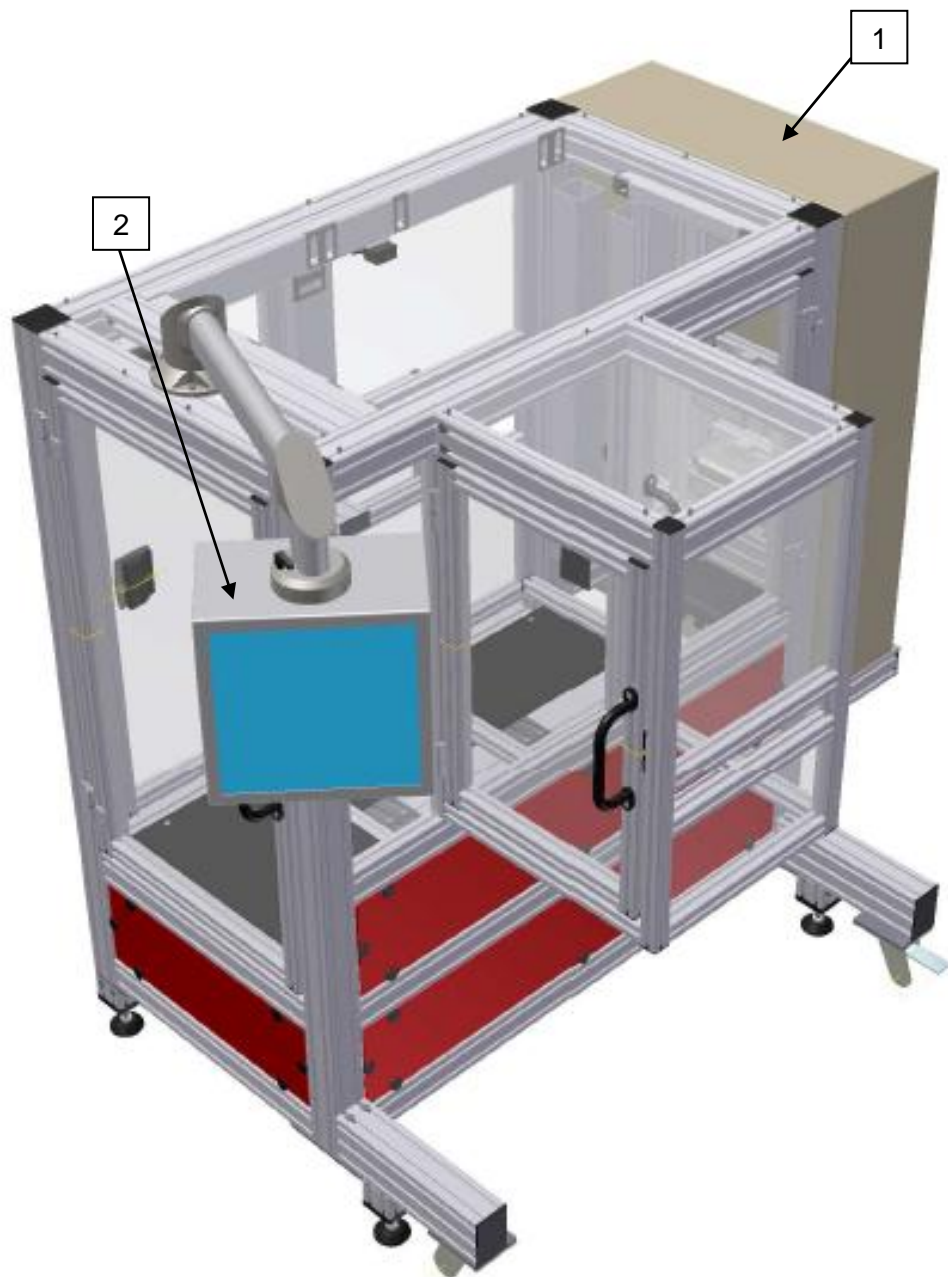


Abb. 15: Grundgestell mit Steuerschrank und Bedienelement (Eigene Quelle)

8.3.2 Teileförderer

Diese Einheit hat die Aufgabe die Produkte, vom bestehenden Förderband der Presse, dem Handlings-Modul lagegerecht zuzuführen. Sie ist auf einer Platte schwenkbar mit einer Schnellverschlussschraube befestigt [1], damit die Verpackungsmaschine schnell an verschiedenen Pressen angekoppelt werden kann.

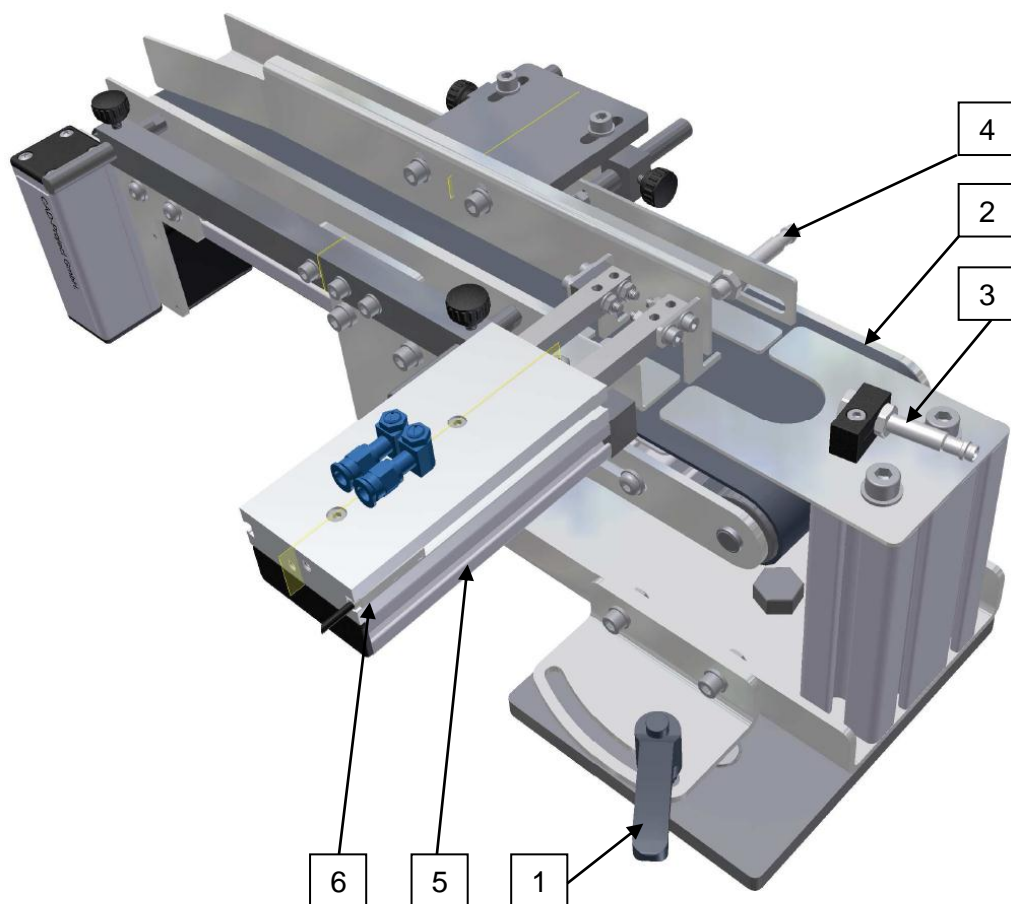


Abb. 16: Teileförderer (Eigene Quelle)

Das Förderband [2] ist mit einem Schrittmotor versehen, der von zwei Sensoren geregelt wird. Ein Sensor [3] überwacht das Ende des Förderbands und der zweite [4] ist beim Vereinzler positioniert. Dieser Vereinzler [5] ist mit ei-

nem Festo-Produkt (Typ HPV) ausgestattet und regelt mittels SMT-Näherungsschalter [6] die Zufuhr zum Handling. Wegen der geometrischen Form der Sinterteile ist es wichtig, dass die Teile auf dem Förderband nicht zu eng aneinander gereiht sind, bevor der Greifer sie nimmt und auf den Dorn stapelt. Diese Funktion übernimmt der Vereinzler, der mit den Sensoren [3] und [4] abgestimmt ist. Zusätzlich befinden sich verschiedene Blechteile auf dem Teileförderer, die verstellbar sind und zur Ausrichtung und Positionierung der Sinterteile benötigt werden.

8.3.3 Handlings-Modul



Abb. 17: Handlings-Modul (Eigene Quelle)

Das Handlings-Modul besteht aus einer Handlings-Einheit mit vorgegebener Bahnbewegung, einer Standardkomponente der Fa. Festo, auf welcher ein Parallelgreifer [1] montiert ist. Diese Einheit hat die Aufgabe die Sinterprodukte vom Förderband aufzunehmen und die Teileaufnahmevorrichtung (siehe 8.3.4) zu beschicken. Die Aufnahmevorrichtung steht dabei senkrecht und die Teile werden von oben auf den Dorn aufgefädelt.

8.3.4 Teileaufnahmeverrichtung

Diese Einheit hat die Funktion, die aufgefädelten Sinterprodukte in die Einwickelvorrichtung zu transportieren.

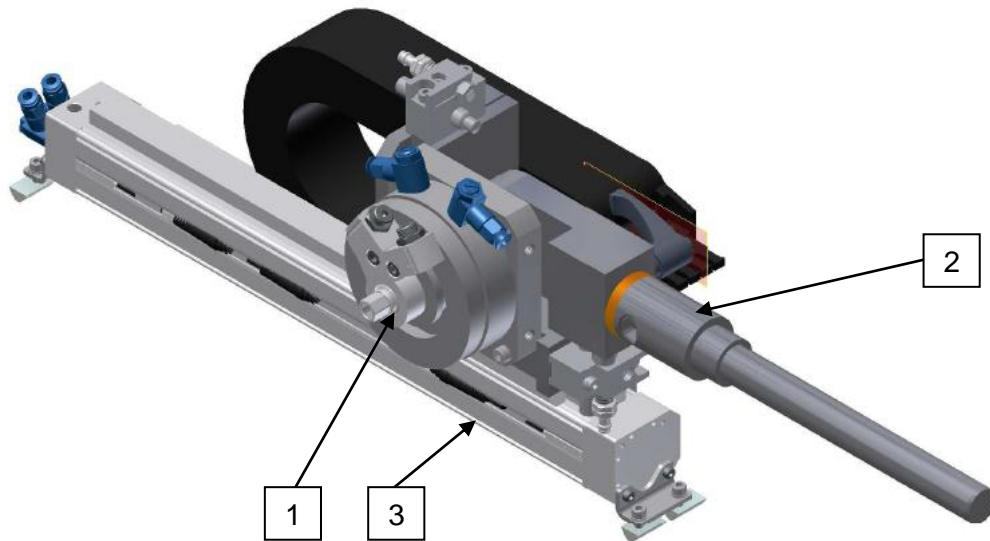


Abb. 18: Teileaufnahmeverrichtung (Eigene Quelle)

Die Teileaufnahmeverrichtung besteht aus einem pneumatischen Drehmodul [1] des Typ DSM, das von der vertikalen Füllposition in die horizontale Einwickelposition schwenken kann. Auf diesem Drehmodul ist ein Dorn mit einer Schnellwechselvorrichtung montiert, der ein Fassungsvermögen von mindestens 21 gestapelten Teilen aufweist. Eine wichtige Funktion hat die Hülse [2], die auf dem Dorn eine axiale, aber keine radiale Bewegung ausführen kann. Sie hat die Aufgabe die Teile am Umfallen zu hindern, nachdem der Einrollzyklus beendet ist und der Dorn zurück fährt. Beim Zurückfahren des Dorns wird die Hülse mit einem Stift (siehe 8.3.5) festgehalten. Sobald der Dorn vollständig aus den eingewickelten Teilen herausen ist, löst sich die Blockade und die gesamte Schwenkeinheit fährt auf einem kolbenstangenlosen Zylinder des Typ Festo DGPL-Linearantrieb [3] in die Ausgangsposition zurück. Dort schwenkt der Dorn wieder in die Vertikale und die Hülse fällt auf den Anschlag zurück. Der Dorn kann wieder mit Teilen bestückt werden.

8.3.5 Papiervorschubeinheit

Diese Einheit ist eine ausgeklügelte Komponente, die mit der Einwickelvorrichtung genau abgestimmt ist.

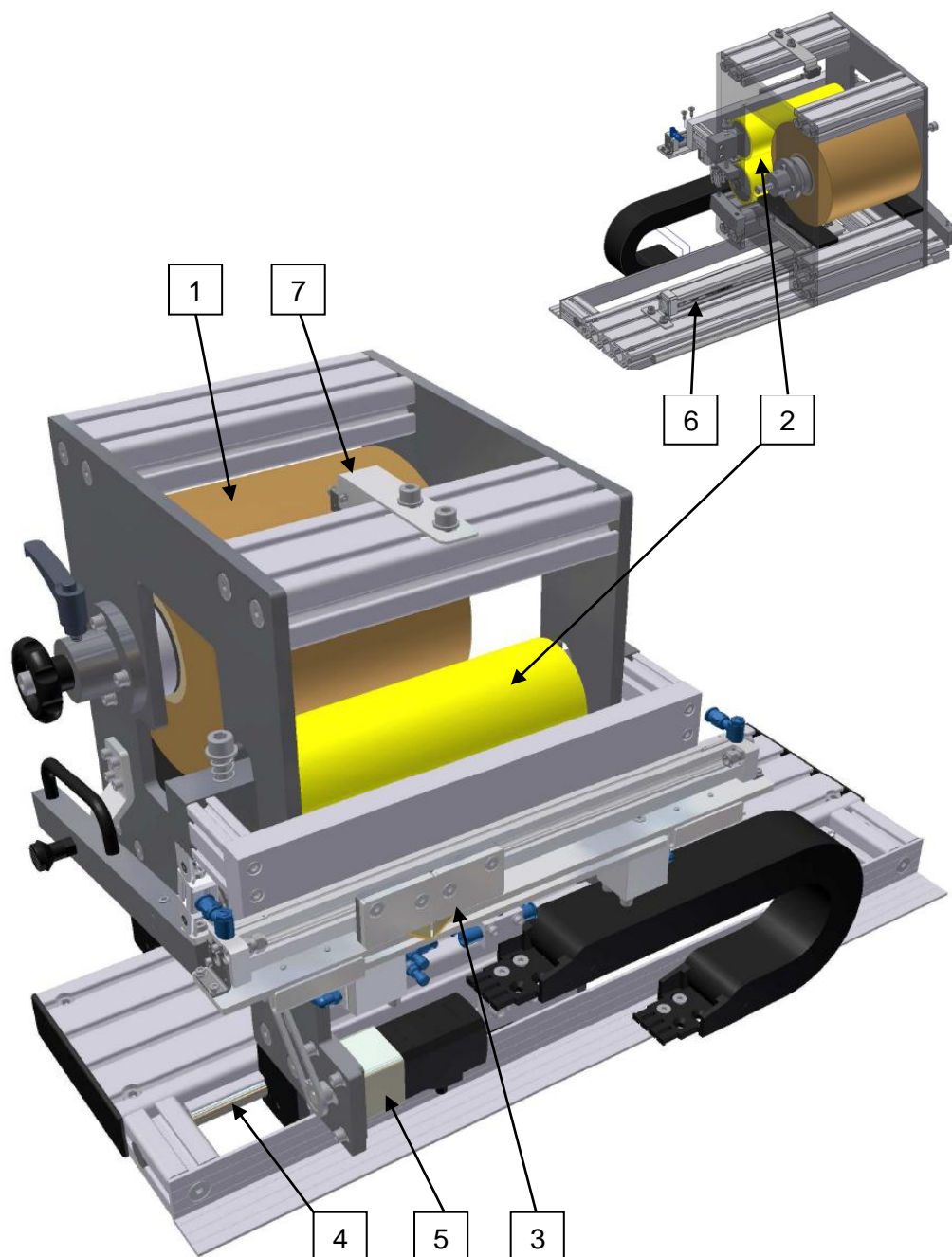


Abb. 19: Papiervorschubeinheit (Eigene Quelle)

Die wichtigsten Einzelteile dieser Einheit sind:

- **Die Papierrolle [1],**

ist auf zwei Bolzen gelagert und kann mit Hilfe von Schnellverschluss-schrauben ohne Mühe und rapide gewechselt werden. Das Papierband wird mit einem Sensor [7] auf Bruch oder sonstige Störungen überwacht.

- **Der Papiervorschub [2],**

besteht aus zwei aufvulkanisierten Rollen, die als Antrieb für das Papier dienen. Die untere Rolle ist fix gelagert und wird mittels Kettengetriebe und einem Schrittmotor [5] angetrieben. Der Schrittmotor ist genau auf den Vorschubweg abgestimmt. Die Berechnung ist in Anlage A sichtbar. Die obere Rolle ist in einer Langlochführung gelagert und kann mit einer mechanischen Hebelvorrichtung an die untere Rolle angepresst und bei einem Wechsel der Papierrolle gelockert werden.

- **Die Papierschneidevorrichtung [3],**

ist mit zwei Rasierklingen ausgestattet, die in einer V-Form angeordnet sind und auf einem DGC-Linearantrieb der Fa. Festo befestigt sind. Beim Abtrennen wird das Papier auf der Einwickelvorrichtung (siehe 8.3.6) und an der Schneidkante mit einem Kurzhubzylinder des Typ ADVC eingeklemmt.

- **Führungseinheit [4],**

besteht aus einem item-p-Führungsprofil, welches mit einem kolbenstangenlosen DGP-Linearzylinder [6] bewegt wird. Auf dieser Führung ist die gesamte Papiervorschubeinheit aufgebaut und hat die Aufgabe, sie in die Warte- bzw. Spende-Position zu bringen. Während der Teiledorn beschickt wird, fährt die Papiervorschubeinheit in die Spende-Position und beschickt die Einrollvorrichtung mit Papier.

8.3.6 Einwickelvorrichtung

Die Einwickelvorrichtung ist das Herzstück der Anlage. Sie ist die wichtigste Komponente der gesamten Anlage. und mit Hilfe vieler Versuchsserien entwickelt worden.

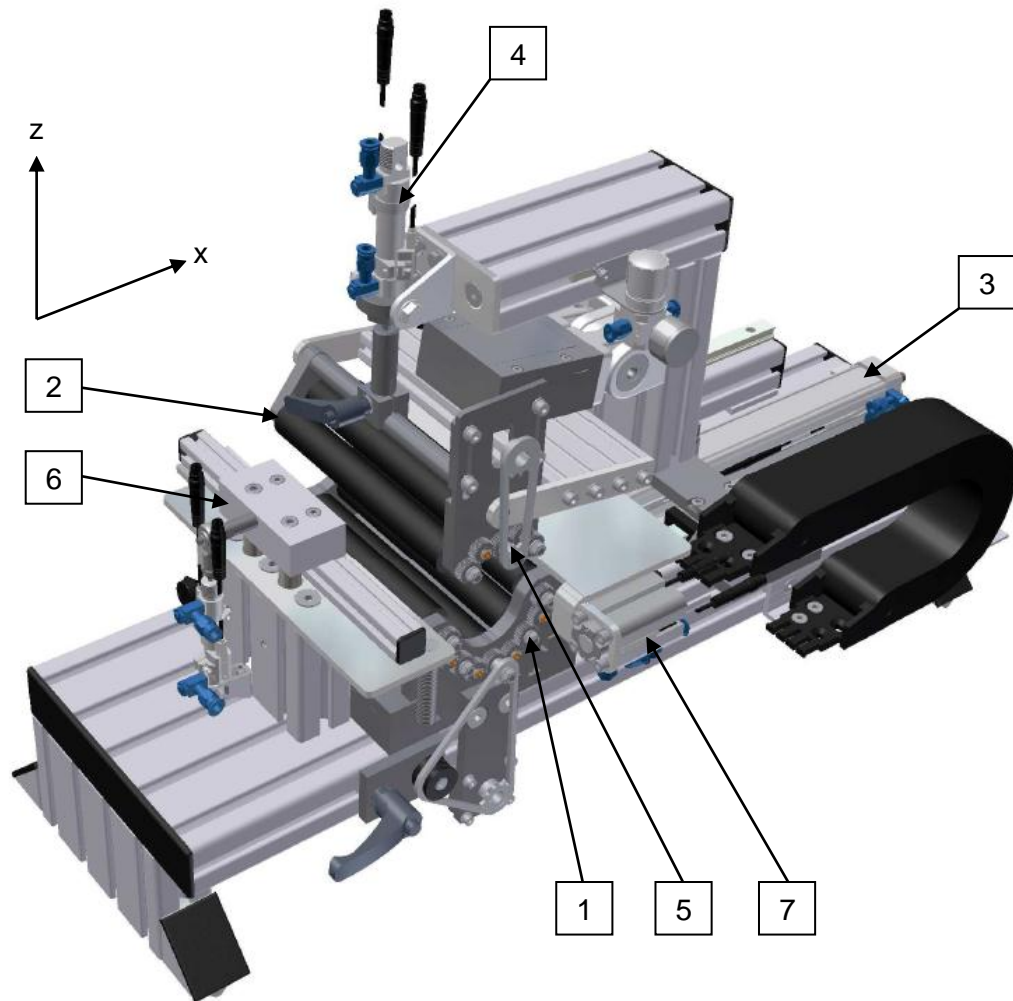


Abb. 20: Einwickelvorrichtung (Eigene Quelle)

Sie besteht aus der unteren [1] und der oberen [2] Einwickelvorrichtung, welche beide mit einem Schnellwechselsystem austauschbar sind. Die obere Einwickelvorrichtung kann mittels eines kolbenstangenlosen Zylinders [3] in

der X-Achse vor- und zurückfahren, außerdem kann sie sich entlang der Z-Achse auf und ab bewegen. Dabei führt die Bewegung ein Festo-Zylinder [4] aus. Die obere Einwickelvorrichtung besteht aus drei Rollen, die über ein Zahnradgetriebe und einen Kettentrieb [5] mit einem Schrittmotor angetrieben werden.

Die untere Einwickelvorrichtung ist fest arretiert und mit einer Papierklemmvorrichtung [6] ausgerüstet. Sie besteht aus fünf Rollen, welche äquivalent zur oberen Einwickelvorrichtung angetrieben werden.

Sobald die Papiervorschubeinheit das Papier positioniert und abgeschnitten und der Teiledorn die Sinterteile in der unteren Einrollvorrichtung positioniert hat, fährt die obere Einwickelvorrichtung in Position und die Rollen beginnen sich zu drehen, wodurch die Sinterteile, welche noch auf dem Teiledorn sind, eingewickelt werden. Nachdem dieser Vorgang beendet ist, fährt der Dorn wieder in seine Beschickungsposition, wobei die eingewickelten Teile durch die Hülse auf dem Teiledorn am Umfallen gehindert werden. Die Hülse wird mit Hilfe eines Stopper-Zylinders [7] in Position gehalten, bis der Teiledorn vollständig aus den Produkten herausgezogen ist und lässt sie dann los. Während dieses Vorganges fährt die obere Einwickelvorrichtung in ihre Warteposition. Dann kommt der Teile-Entlader zum Einsatz.

8.3.7 X-Z-Achse; der Teile-Entlader

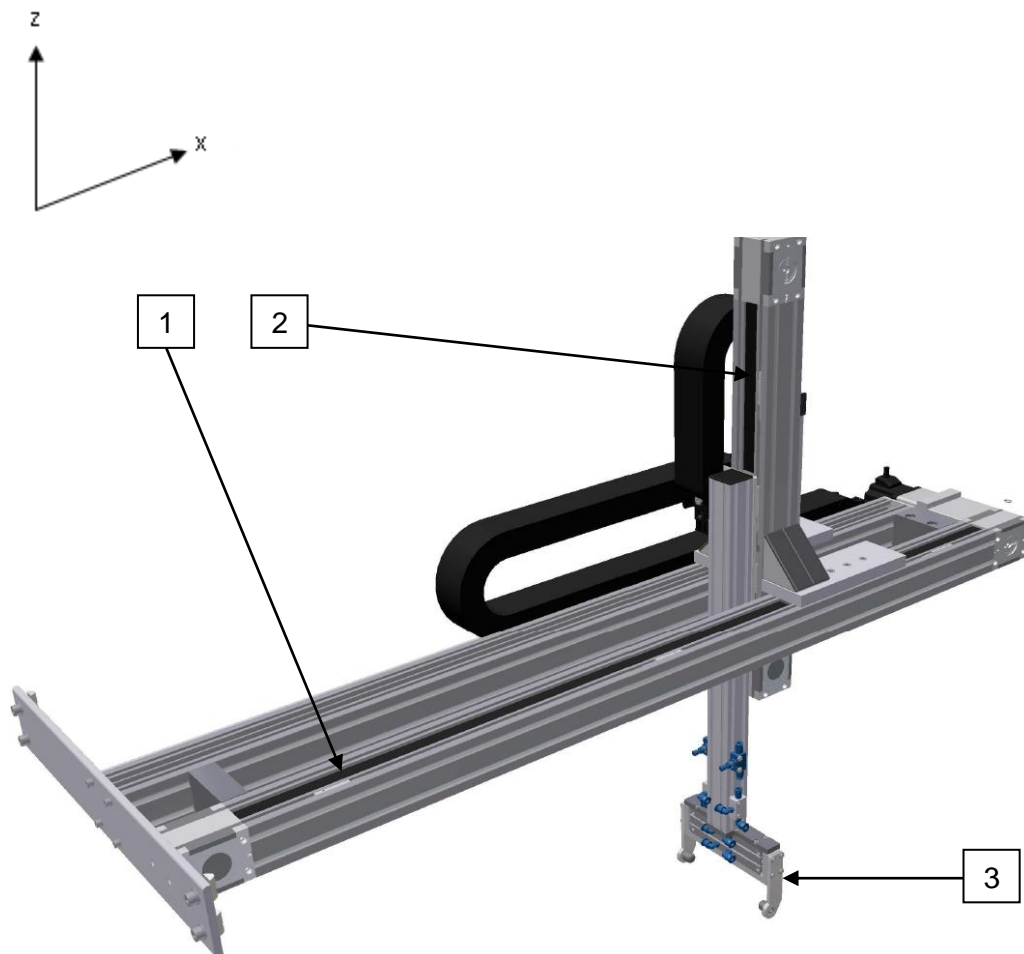


Abb. 21: X-Z-Achse; Teile-Entlader (Eigene Quelle)

Die X-Z-Achse besteht aus zwei senkrecht zueinander angeordneten Präzisions-Linearführungen mit Zahnriemenantrieb [1 und 2], die jeweils mit einem Servomotor angetrieben werden und aus zwei Minischlitten¹⁰[3], die als Zange fungieren.

Die X-Z-Achse kommt zum Einsatz, nachdem die Teile eingewickelt worden sind. Die X-Achse fährt in die Position genau oberhalb der Einwickelvorrichtung und die Z-Achse senkt sich ab. Dadurch wird das Papier der eingerollten

¹⁰ Zylinder mit Kugelumlauführung.

Produkte nach unten gefaltet. Sobald die Z-Achse die Position zum Eindrücken des Papiers erreicht hat, fahren die Minischlitten ein und drücken das Papier in die Bohrung der Teile. Die Minischlitten fahren wieder aus und die Z-Achse hebt sich. Die Teilerolle wird um ein Drittel weitergedreht und der Eindruckvorgang beginnt von vorne. Der Vorgang wird insgesamt dreimal ausgeführt. Dann fährt die Z-Achse wieder in die Eindruckposition, die Minischlitten greifen den verpackten Teilestapel und legen diesen in vorgegebenen Abständen in die Kiste, die auf dem Pufferförderband wartet.

8.3.8 Pufferförderband

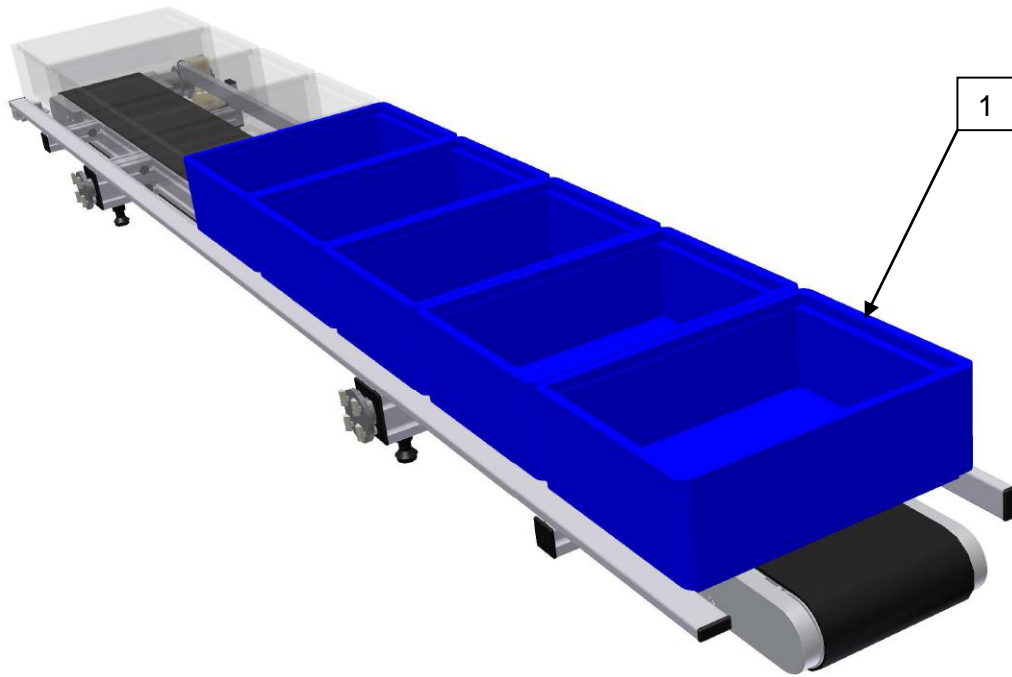


Abb. 22: Pufferförderband (Eigene Quelle)

Das Pufferförderband ist ein 2700 mm langes Förderband mit zwei Führungsschienen, das mittels Schnellwechselvorrichtung für den Transport abmontierbar ist.

Auf diesem Förderband werden fünf Kisten des Typs KLT [1] abgelegt, die dann durch das X-Z-Handling beschickt werden. Nach dem Füllen der ersten Kiste taktet das Förderband weiter, damit die nächste Kiste in Position kommt. Der Arbeiter an der Maschine kann die gefüllten Kisten laufend entnehmen und neue, leere Kisten auf das Förderband stellen. Das Förderband garantiert eine Autonomie von ca. 30 min, ohne dass ein manueller Eingriff erforderlich ist.

8.3.9 Zeichnungsableitungen

Die Fertigung vieler Einzelteile wurde von externen Firmen durchgeführt, deswegen mussten normgerechte Zeichnungsableitungen angefertigt werden, die einen großen zeitlichen Aufwand erforderten. Für den Zusammenbau der komplexen Baugruppen wurden Explosionszeichnungen auf Papier gebracht. Einige dieser 2D-Zeichnungen sind in Anhang B beigelegt.

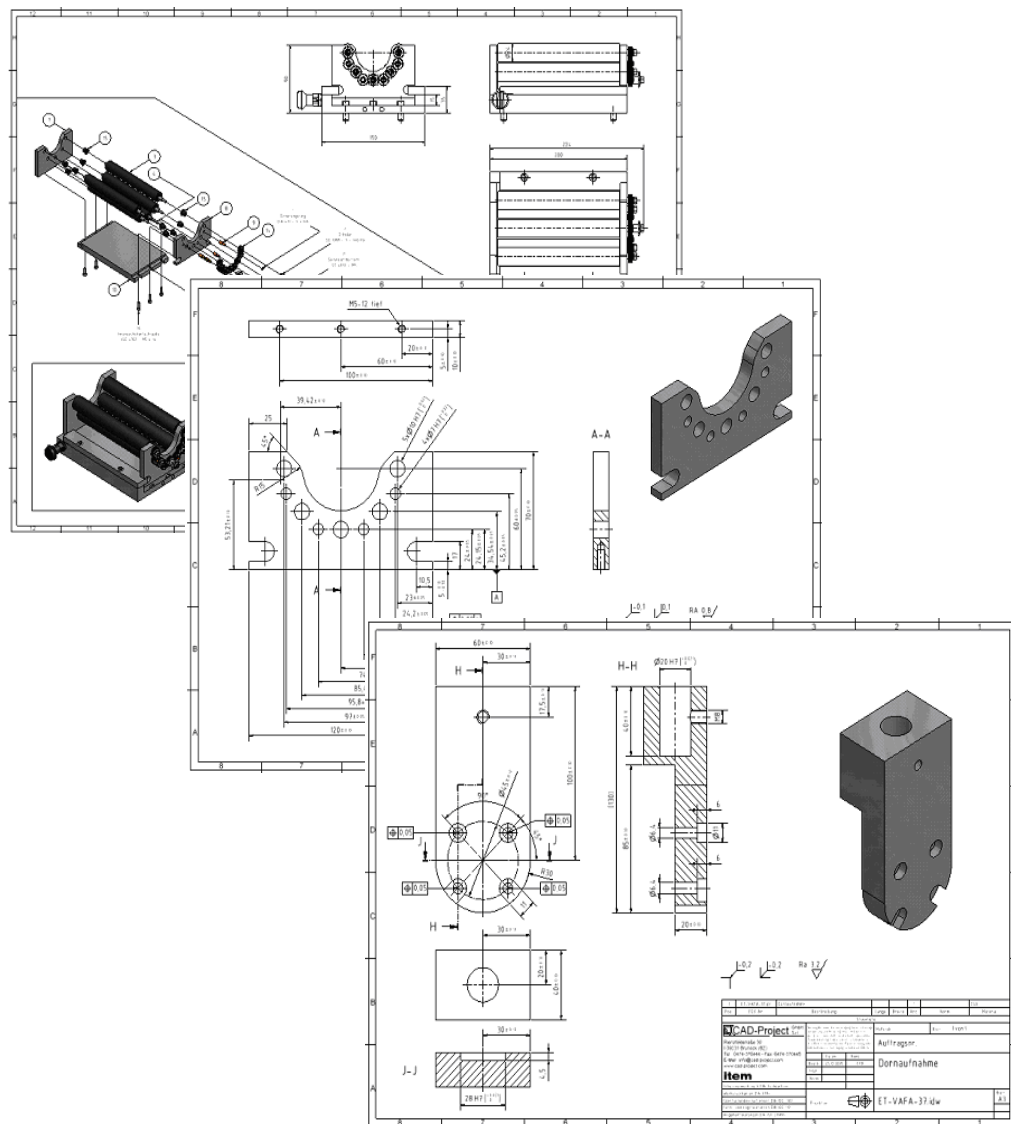


Abb. 23: Zeichnungsableitungen (Eigene Quelle)

9 Steuerung

In diesem Kapitel werden die Definition Steuerung und die verschiedenen Steuerungstechniken näher erklärt.

9.1 Steuerungstechnik (Allgemein)

Die Steuerungstechnik ist aus unserer Industriegesellschaft nicht mehr wegzudenken. Ohne dieses Gebiet wäre der Stand der heutigen Technik nicht mehr möglich. Kein Zweig der Technik kommt ohne Steuerung aus. Für ein Zusammenarbeiten der verschiedensten Fachleute (Pneumatik, Hydraulik, Elektrik, Elektronik) ist es unerlässlich, eine einheitliche Sprache zu sprechen. Das heißt, es müssen genaue Begriffsdefinitionen vorhanden sein und allgemeingültige Grundlagen vorliegen. Die Grundlagen der Steuerungstechnik gelten übergeordnet für das gesamte Gebiet, sie sind unabhängig von der verwendeten Steuer- bzw. Arbeitsenergie und von der gerätetechnischen Ausführung der Steuerung.

9.1.1 Steuern, Steuerung (Definition)

„Das Steuern - die Steuerung - ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen, andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeit beeinflussen.“¹¹

¹¹ H. MEIXNER, E. SAUER, Lernsysteme, S.9.

9.1.2 Unterscheidungsmerkmale für Steuerungen¹²

A. Unterscheidung nach der Form der Informationsdarstellung

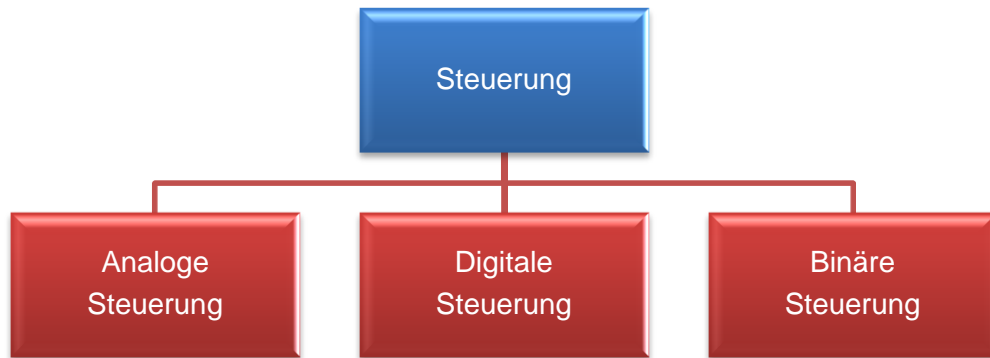


Abb. 24: Formen der Informationsdarstellung

- **Analoge Steuerung**

Darunter versteht man eine innerhalb der Signalverarbeitung vorwiegend mit analogen Signalen arbeitende Steuerung. Die Signalverarbeitung erfolgt vorwiegend mit stetig wirkenden Funktionsgliedern.

- **Digitale Steuerung**

Die digitale Steuerung ist eine innerhalb der Signalverarbeitung arbeitende Steuerung, die vorwiegend zahlenmäßig dargestellte Informationen verarbeitet. Die Signalverarbeitung erfolgt vorwiegend mit digitalen Funktionseinheiten wie Zähler, Register, Speicher, Rechenwerke. Die zu verarbeitenden Informationen sind üblicherweise in einem Binärcode dargestellt.

¹² Bei diesem Kapitel vgl. MEIXNER/SAUER, Lernsystem, S. 3-13.

- **Binäre Steuerung**

Diese Steuerung arbeitet vorwiegend mit Binärsignalen, die nicht Bestandteile zahlenmäßig dargestellter Informationen sind.

Die binäre Steuerung verarbeitet binäre Eingangssignale vorwiegend mit Verknüpfungs-, Zeit- und Speichergliedern zu binären Ausgangssignalen.

B. Unterscheidung nach der Signalverarbeitung



Abb. 25: Gliederung der Signalverarbeitung

- **Synchrone Steuerung**

Darunter versteht man eine Steuerung, bei der die Signalverarbeitung synchron zu einem Taktsignal erfolgt.

- **Asynchrone Steuerung**

Dies ist eine ohne Taktsignal arbeitende Steuerung, bei der Signaländerungen nur durch Änderungen der Eingangssignale gelöst werden.

- **Verknüpfungssteuerung**

Die Verknüpfungssteuerung ordnet den Signalzuständen der Eingangssignale bestimmte Signalzustände der Ausgangssignale im Sinne boolescher Verknüpfungen zu.

- **Ablaufsteuerung**

Die Ablaufsteuerung ist eine Steuerung mit zwangsläufig schrittweisem Ablauf, bei der das Weiterschalten von einem Schritt auf den programmgemäß folgenden abhängig von Weiterschaltbedingungen erfolgt.

Die Schrittfolge kann in besonderer Weise programmiert sein. (z. B. Sprünge, Schleifen, Verzweigungen). Die Schritte der Steuerung entsprechen meist den technologisch bedingt aufeinander folgenden Schritten.

9.2 Elektro-pneumatische Steuerung (Allgemein)

„Elektropneumatische Steuerungen sind im Signalverarbeitungsbereich, vorwiegend mit kontaktbehafteten Schaltgeräten aufgebaut. Der Signalbereich wird mit verschiedenen Sensoren (berührend, berührungsfrei) durchgeführt. Im Signalausgabeteil findet man Signalwandler (Magnetventile) mit pneumatischen Aktoren vor“¹³.

9.2.1 Pneumatik

Für die Pneumatik-Steuerung (siehe Anlage B) wurden hauptsächlich 2 x 3/2-Wegeventile und 5/3-Wegeventile mit Mittellage geschlossen eingesetzt. Diese Konstitution wurde deshalb so gewählt, damit beim Neustart der Maschine ruckartige Bewegungen vermieden werden und bei einem Stromausfall die Zylinder in ihrer Position stehen bleiben (z. B. Drehmodul für die Teileaufnahme).

¹³ H. MEIXNER, E. SAUER, Lernsysteme, S.3

mevorrichtung) oder sich nach Bedarf mit Hand verschieben lassen, ohne dass Druck entweicht.



Abb. 26: Ventilinseln und Sensorboxen (Eigene Quelle)

9.2.2 SPS¹⁴

Eine SPS ist ein Computer, der speziell für Steuerungsaufgaben entwickelt wurde. Das Verhalten der SPS kann man über das SPS-Programm festlegen. Es wird auf einem PC erstellt und dann in die SPS übertragen. Dieses Programm kann immer wieder geändert werden, um so neuen Anforderungen gerecht zu werden.

Eine SPS besteht in der Regel aus verschiedenen Einzelkomponenten. Diese Komponenten werden auf ein sogenanntes **Busmodul** oder einen **Baugruppenträger** montiert.

Da die SPS mit Spannung versorgt werden muss, ist ein **Netzteil** notwendig. Dieses Netzteil liefert eine stabile und gefilterte Spannung für die übrigen Komponenten der SPS.

Das eigentliche Herzstück der SPS stellt die **CPU-Baugruppe** (Central Processing Unit) dar. In dieser Baugruppe wird das SPS-Programm bearbeitet. Mit der Auswahl einer CPU-Baugruppe bestimmt man die Leistungsfähigkeit der SPS. Unter anderem sind die Geschwindigkeit, mit der die Befehle abgearbeitet werden oder die zur Verfügung stehenden Befehle als auch die maximale Größe (Speicherausbau) des SPS-Programms, von der CPU abhängig.

Damit die SPS Signale von der Umwelt registrieren kann, sind **Eingangsbaugruppen** notwendig. Eingangsbaugruppen können Signale von einem Schalter oder analoge Signale (z. B. eine Temperatur über einen Sensor) erfassen. Um Befehle an andere Geräte absetzen zu können, sind **Ausgangsbaugruppen** notwendig. Hier gibt es wiederum digitale Ausgangsbaugruppen, um z. B. einen Leistungsschutz anzusteuern. Mit analogen Ausgangsbaugruppen kann ein variabler Spannungswert an ein anderes Gerät (z. B. Servomotor) weitergegeben werden.

¹⁴ Vgl. HABERMANN/WEISS, STEP 7.

Des Weiteren stehen noch Sonderbaugruppen für spezielle Anwendungsfälle zur Verfügung. Es sind dies z. B.:

- Zählerbaugruppen
- Regelbaugruppen
- Kommunikationsbaugruppen

9.3 Programmstruktur (SPS)

Das SPS-Programm für die Steuerung wurde von einem spezialisierten Facharbeiter der Firma GKN - Sinter Metals konzipiert. Das umfangreiche Programm ist in 13 Stationen aufgeteilt, wobei die Stationen synchron (soweit sinnvoll) aufeinander abgestimmt sind. So kann z. B. die Station 3 (Auffädeldorn) die einzelnen Schritte parallel und autonom zu der Station 4 (Einrollvorrichtung) ausüben. Erst wenn die Abfrage auf Freigabe von Station 4 verlangt wird und diese negativ ist, muss die Station 3 in Warteposition gehen.

Um das komplexe Programm einfacher und übersichtlicher darzustellen, wird es in Form eines Blockschaltbildes ausgeführt.

Die Programmstruktur der Verpackungsanlage ist folgendermaßen ausgelegt:

9.3.1 Übersicht der Stationen

Wie oben schon erwähnt, ist das Programm in 13 Stationen aufgeteilt. Nachfolgend werden die einzelnen Stationen aufgelistet und kurz beschrieben.

Station 1:

Zu der Station 1 gehört der Teileförderer (siehe 8.3.2) mit dem Einlauf, Vorlauf und der Vereinzelung. Der Motor wird mit zwei Sensoren [3 u. 4] geregelt, die in der Abb. 16 sichtbar sind.

Station 2:

Das Handlings-Modul (siehe 8.3.3) mit Greifer und Zange wird in dieser Station angesteuert und steht in Verbindung mit der Station 1 und 3. Der Beladestatus des Auffäldorns [4] Abb. 27 wird beim Beladen mit einem Zähler geprüft. Zusätzlich überwacht noch eine Lichtschranke die vollständige Füllung, so können eventuelle Verluste von Teilen vermieden werden.

Station 3:

Die Station 3 beinhaltet den Auffäldorn (8.3.4), der eine Schwenkbewegung und eine Linearbewegung vor und zurück ausübt. Die Schwenkbewegung, sowie die Linearbewegung sind mit zwei induktiven Näherungsschaltern [1,2], Abb. 27, abgegrenzt

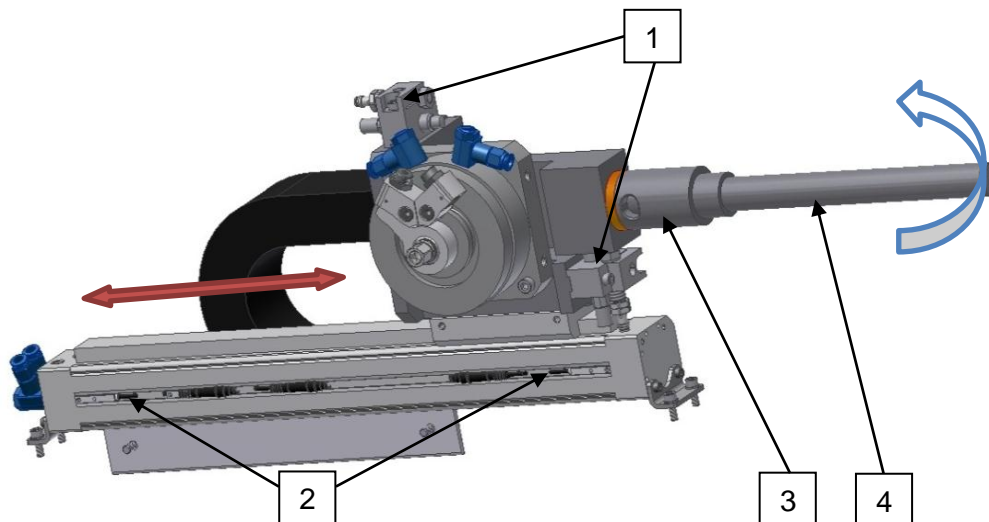


Abb. 27: Bewegungen des Auffäldorns (Eigene Quelle)

Station 4:

Zu der Station 4 gehören die zwei Schrittmotoren [1], Abb. 28, der Einrollvorrichtung (8.3.6), bei denen eine Parametrierung und Geschwindigkeitseinstellungen vorgenommen werden können. Zusätzlich kann eine Parametrierung für die Anzahl der Verpackungsvorgänge eingegeben werden. Der Niederhalter [2], Abb. 28, für das Verpackungspapier, der mit einem Pneumatik-Zylinder [3], Abb. 28, bewegt wird, gehört auch zu dieser Station. Die weiteren anzu-

steuernden Elemente der Einrollvorrichtung sind in anderen Stationen untergebracht.

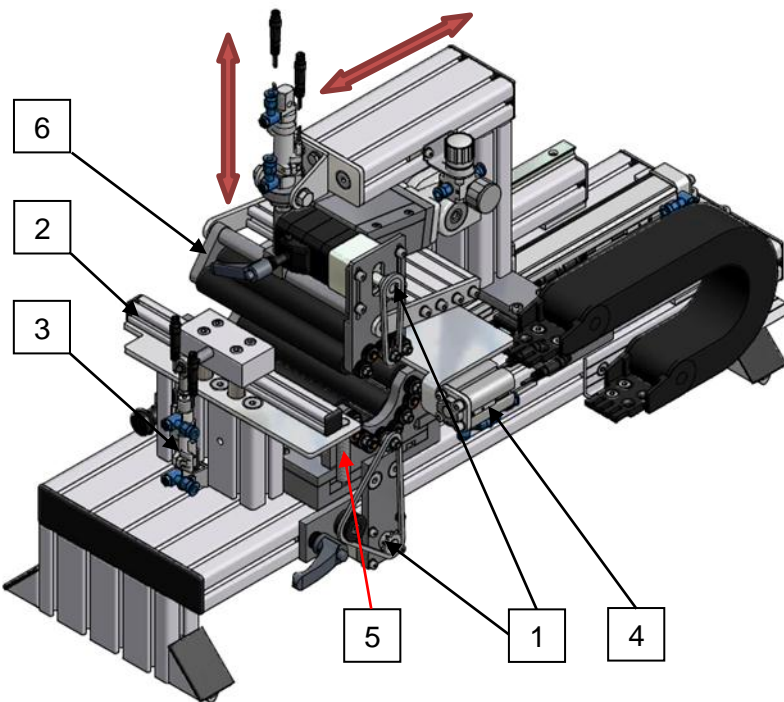


Abb. 28: Anzusteuernde Elemente der Einrollvorrichtung (Eigene Quelle)

Station 5:

Diese Station beinhaltet den Stoppzylinder [4] (siehe Abb. 28) für die Rückhaltehülse [3] (siehe Abb. 27), die sich auf den Auffädeldorn befindet.

Station 6:

Bei dieser Station wird die Papierrolle [1], Abb. 24, die sich auf den Schlitten [2] befindet, in die Spende-Ruhe-Position gebracht. Ein Näherungsschalter [5] (siehe Abb. 28) überwacht die Papierzufuhr und das Messer [3] (siehe Abb. 19) zum Papierabtrennen wird auch in dieser Station gesteuert.

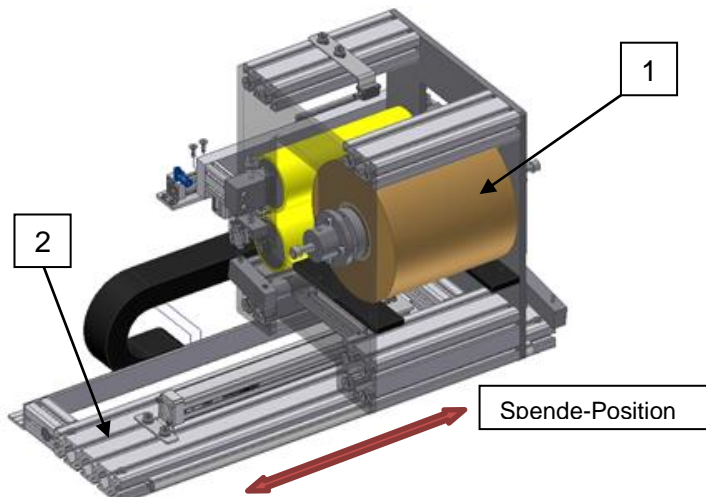


Abb. 29: Anzusteuernde Elemente der Papierrolle (Eigene Quelle)

Station 7:

Die Linearbewegung in die Einroll-Ruhe-Position sowie die vertikale Bewegung zum Absenken und Anheben der oberen Einrollvorrichtung (siehe Abb. 23 mit roten Pfeilen gekennzeichnet) werden in dieser Station angesteuert.

Station 8:

Die Ansteuerung für den Teileentlader (siehe Abb. 21) mit Verfahr-Logik umfasst diese Station. Es werden Berechnungen für den Verfahr-Weg in der X- sowie in der Z-Achse ausgeführt.

Bei einer Störung, z .B. Öffnen einer Schutztür, müssen die Referenzpunkte in der X-Z-Achse immer angefahren werden, damit die Position des Greifers ermittelt werden kann.

Der Schrittmotor in der Z-Achse ist mit einer Bremse ausgestattet, damit bei einem Stromausfall die Achse fixiert ist.

Station 9:

Diese Station beinhaltet die Berechnung für die Anfahrpunkte und Ablaufsteuerung des Teileentladers (8.3.7). Die Punkte P1, P2 und P3 (siehe Abb. 30) enthalten einen absoluten Wert, hingegen p4 hat nur in der Z-Achse seinen fixen Wert. Der Punkt p5 ändert ständig beim Ablegen der Pakete in der X-

The diagram illustrates a 6-DOF parallel robot mechanism. The base consists of a Stewart platform (left) and a mobile base (right). The Stewart platform has a fixed base with six revolute joints (R1-R6) and a moving platform with three prismatic joints (P1-P3). The mobile base has a fixed base with two revolute joints (R2, R3) and a moving platform with one prismatic joint (P4). The moving platform is a yellow sphere with a green center point P5. The fixed base is a grey sphere with a green center point P2. The Stewart platform's fixed base is a grey sphere with a green center point P3. The Stewart platform's moving platform is a yellow sphere with a green center point P4. The diagram also shows a coordinate system with X+ and Z+ axes.

Station 10:

Station 11:

Steuerung



Abb. 31: Stapelung der Pakete in die Kisten (Eigene Quelle)

Station 12:

Mit dieser Station wird der Motor für das Pufferförderband (siehe Abb. 22) angesteuert

Station 13:

Diese Station ist autonom als auch synchron mit den anderen Stationen verknüpft und führt die Konsistenzprüfung der Koordinaten durch.

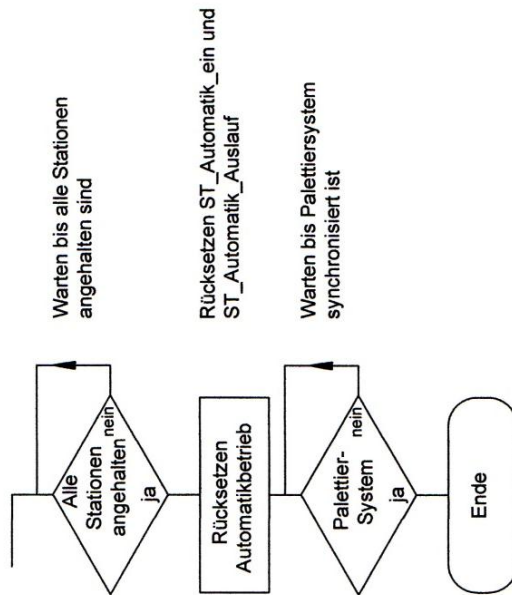
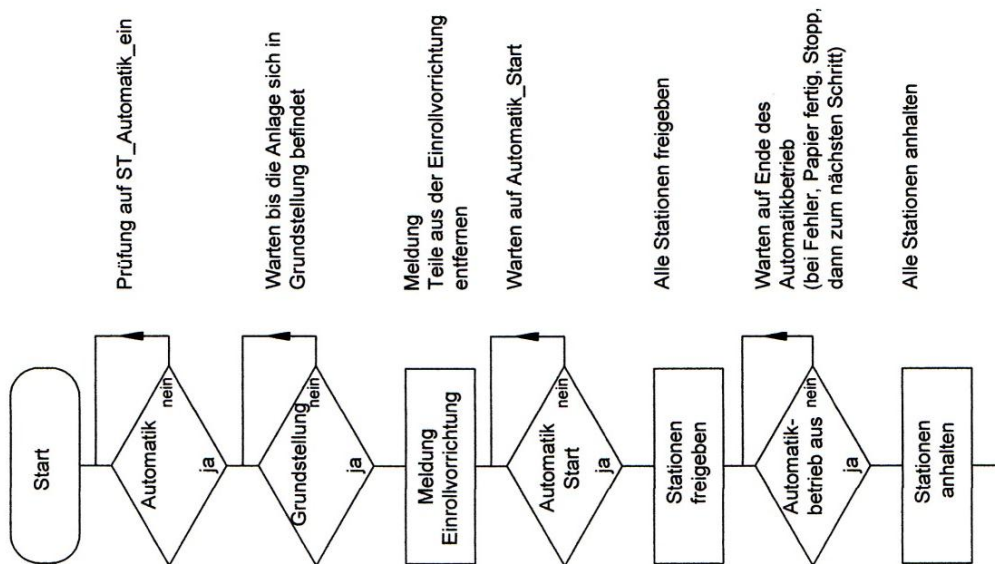
9.3.2 Übersicht der Schrittketten

Nachfolgend sind die Schrittketten und deren einzelnen Schritte aufgelistet, die mit einem Blockschaltbild dargestellt und beschrieben werden.

Die Steuerung ist in folgende Schrittketten gegliedert:

- Automatikbetrieb
- Grundstellungsfahrt
- Referenzpunktfahrt
- Schrittmotor Einrollvorrichtung oben
- Schrittmotor Einrollvorrichtung unten
- Schrittmotor Papierrolle
- Schrittmotor X-Achse
- Schrittmotor Z-Achse
- Station 1
- Station 2
- Station 3
- Station 4
- Station 5
- Station 6
- Station 7
- Station 8
- Station 9
- Station 10
- Station 11
- Station 12
- Station 13

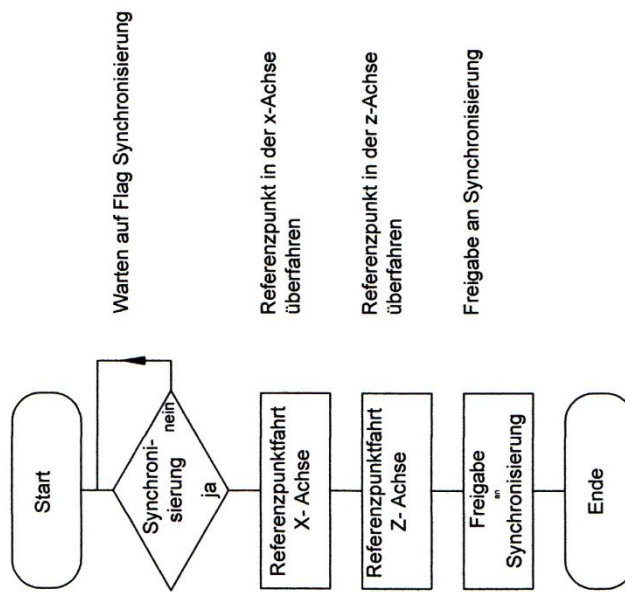
Automatikbetrieb



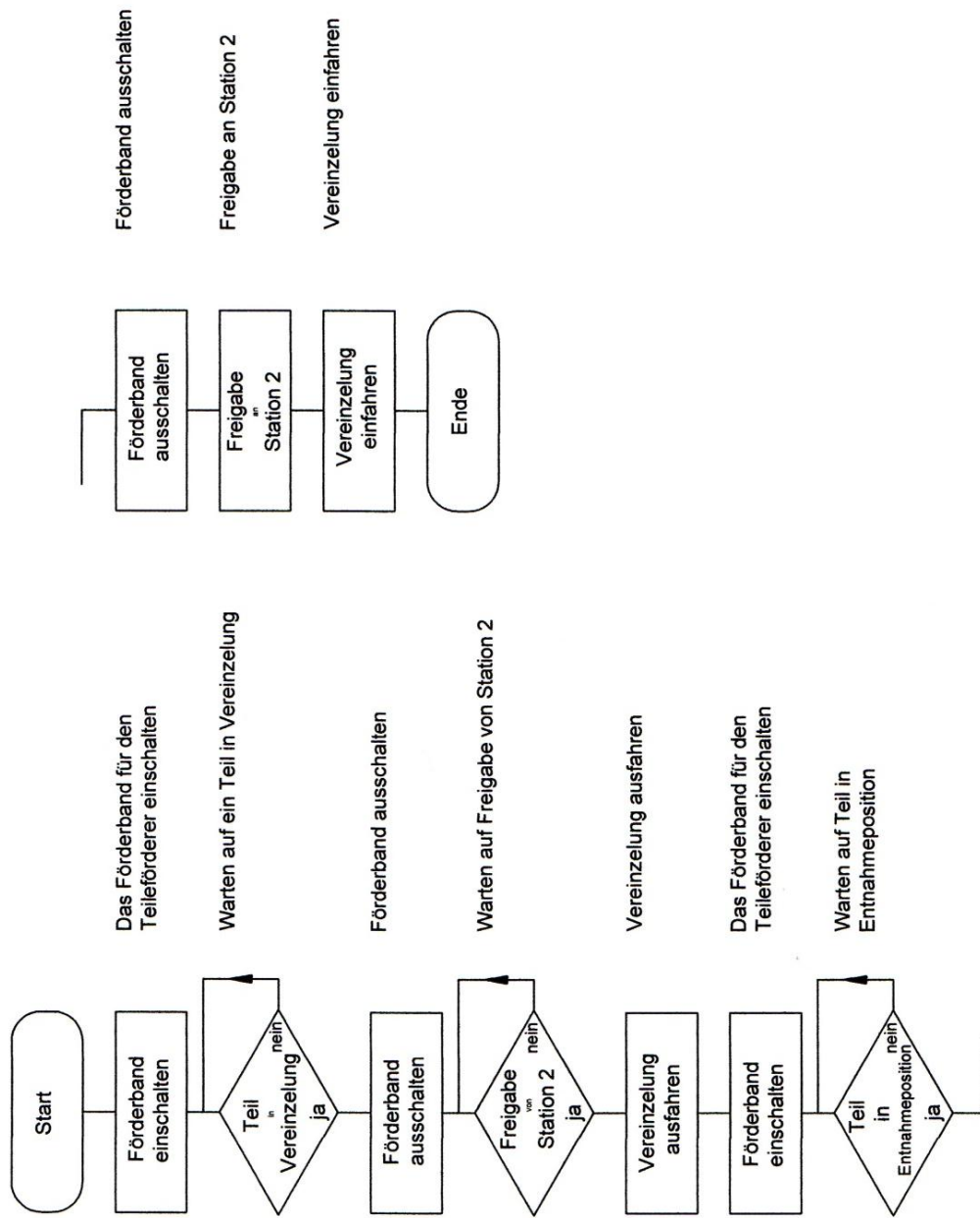
Steuerung



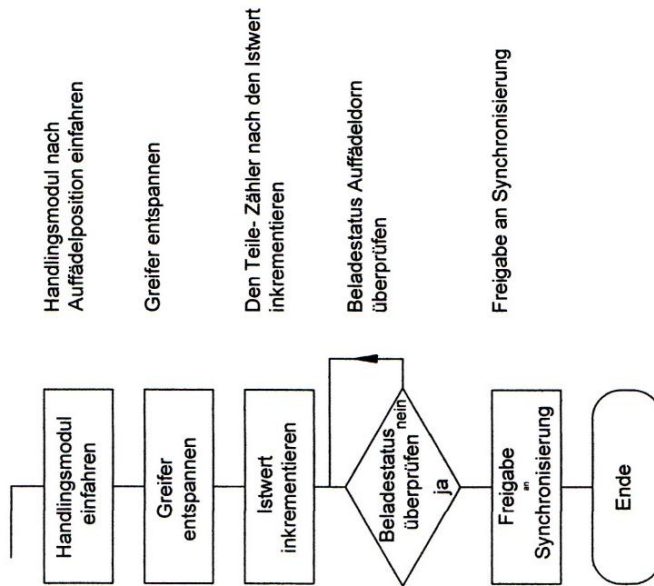
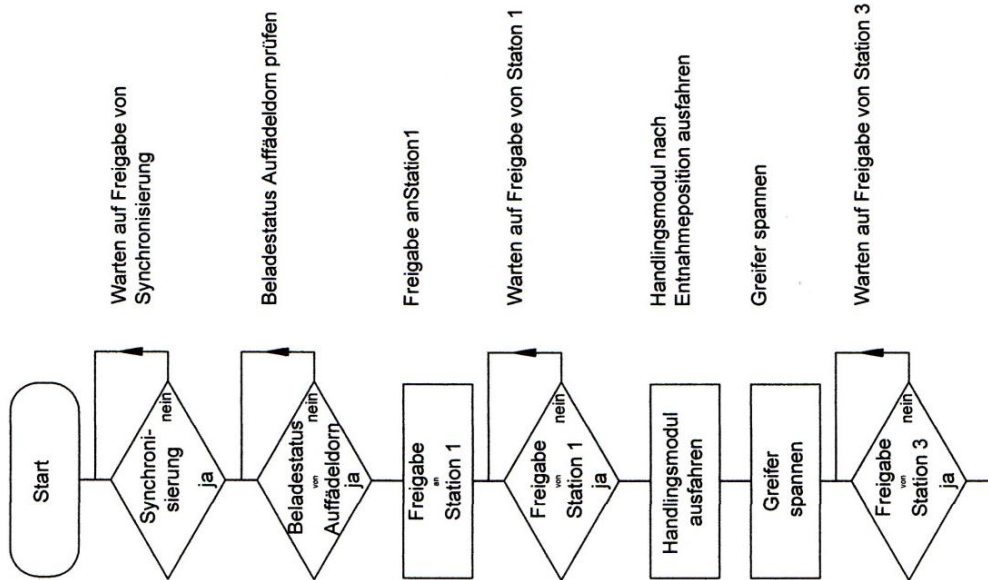
Referenzpunktfahrt

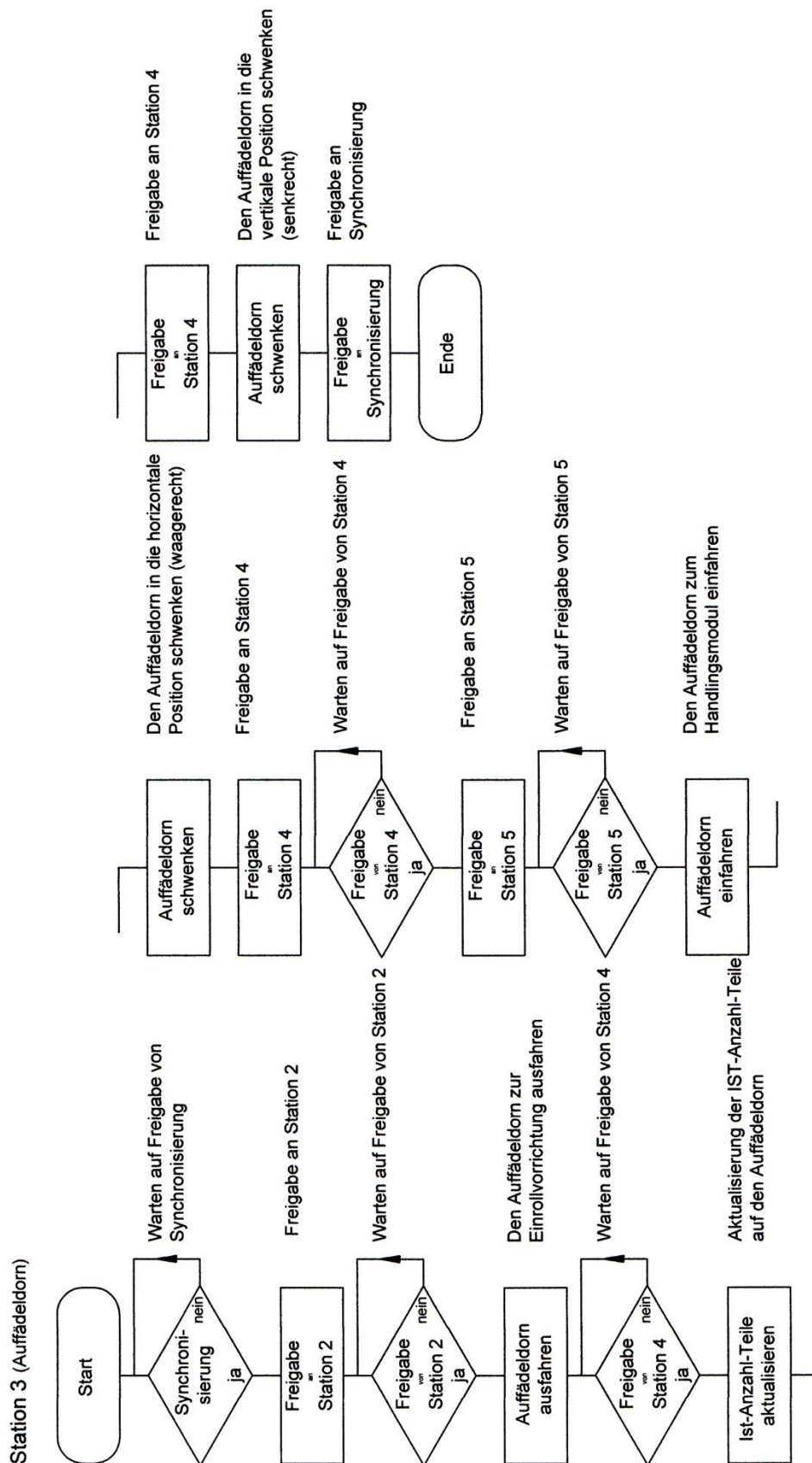


Station 1 (Vereinzelung - Teileeinlauf)

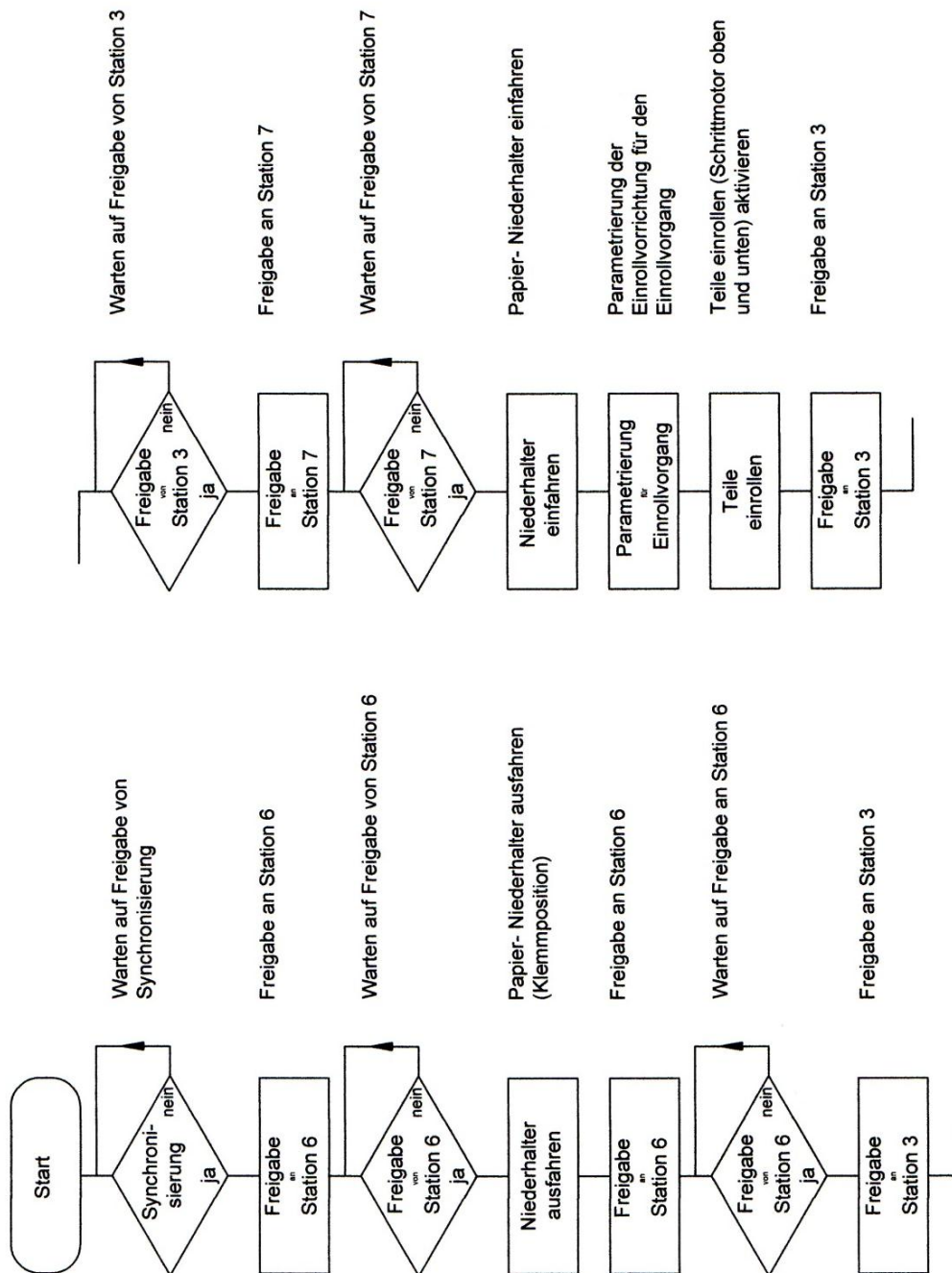


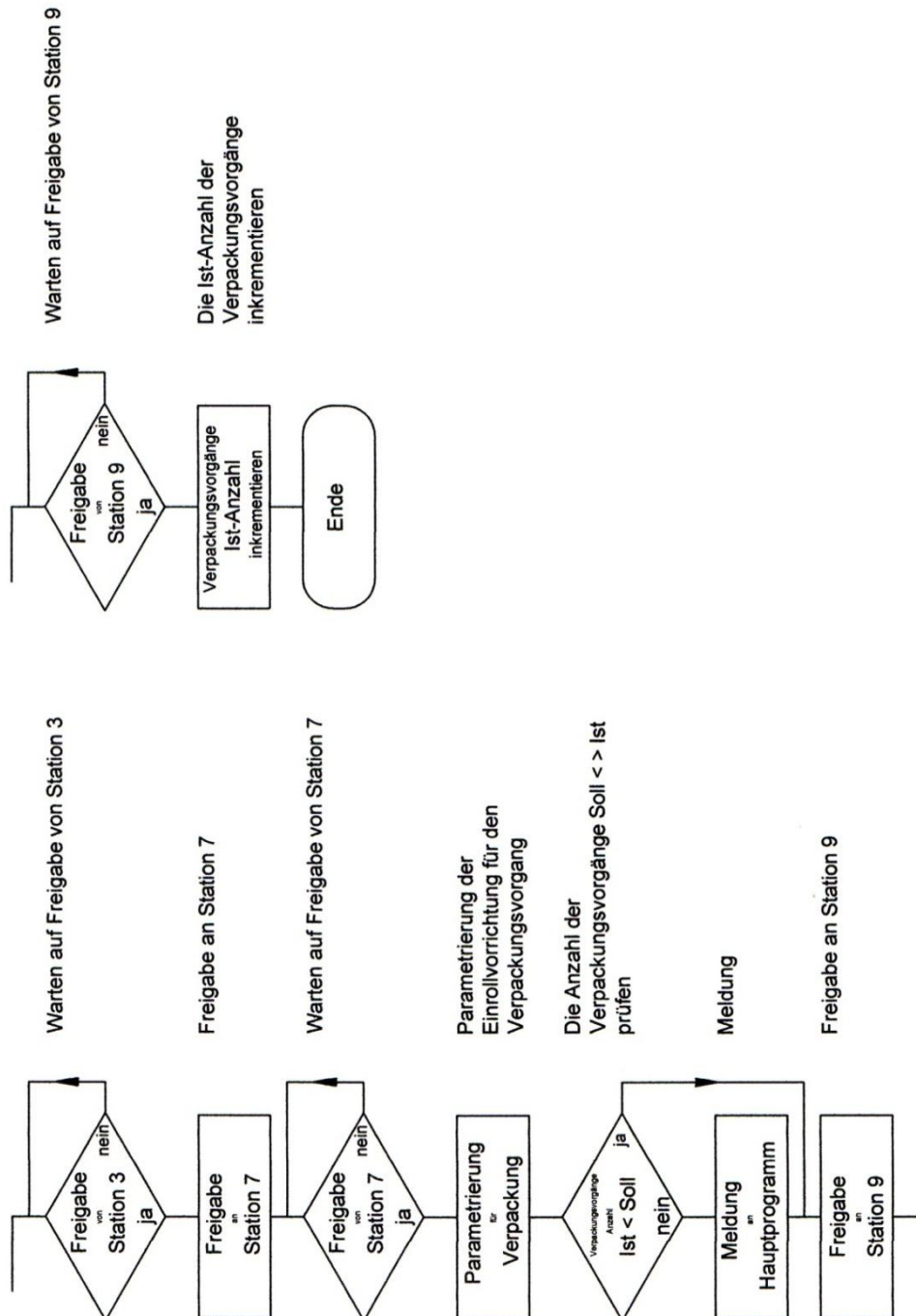
Station 2 (Händlingsmodul- Teileaufädellung)



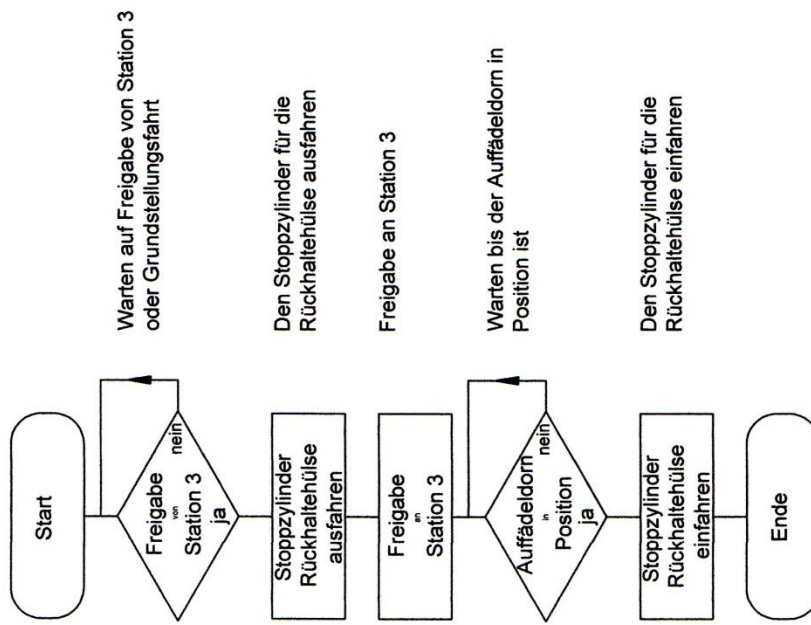


Station 4 (Einrollvorrichtung Motor unten und oben)

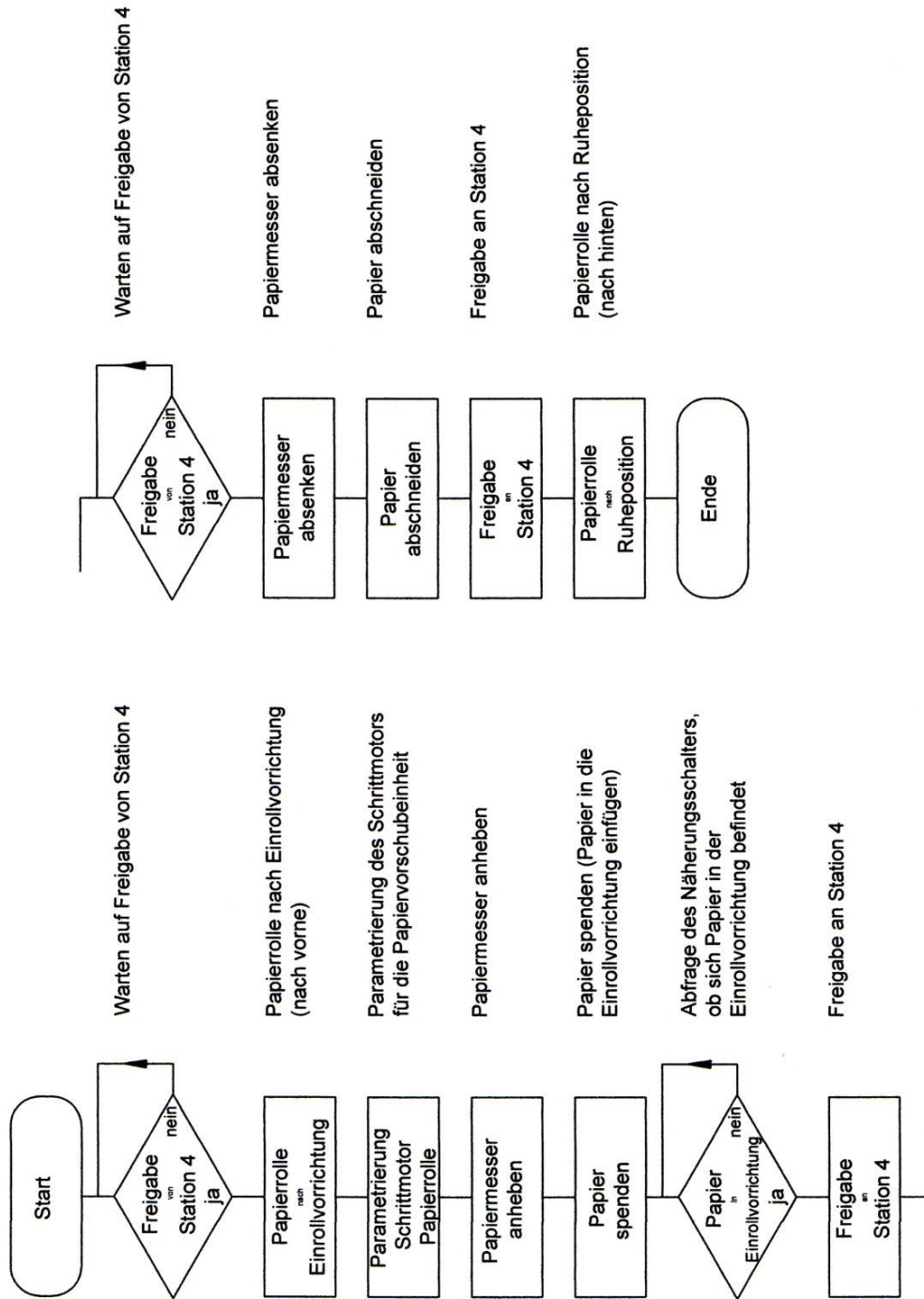




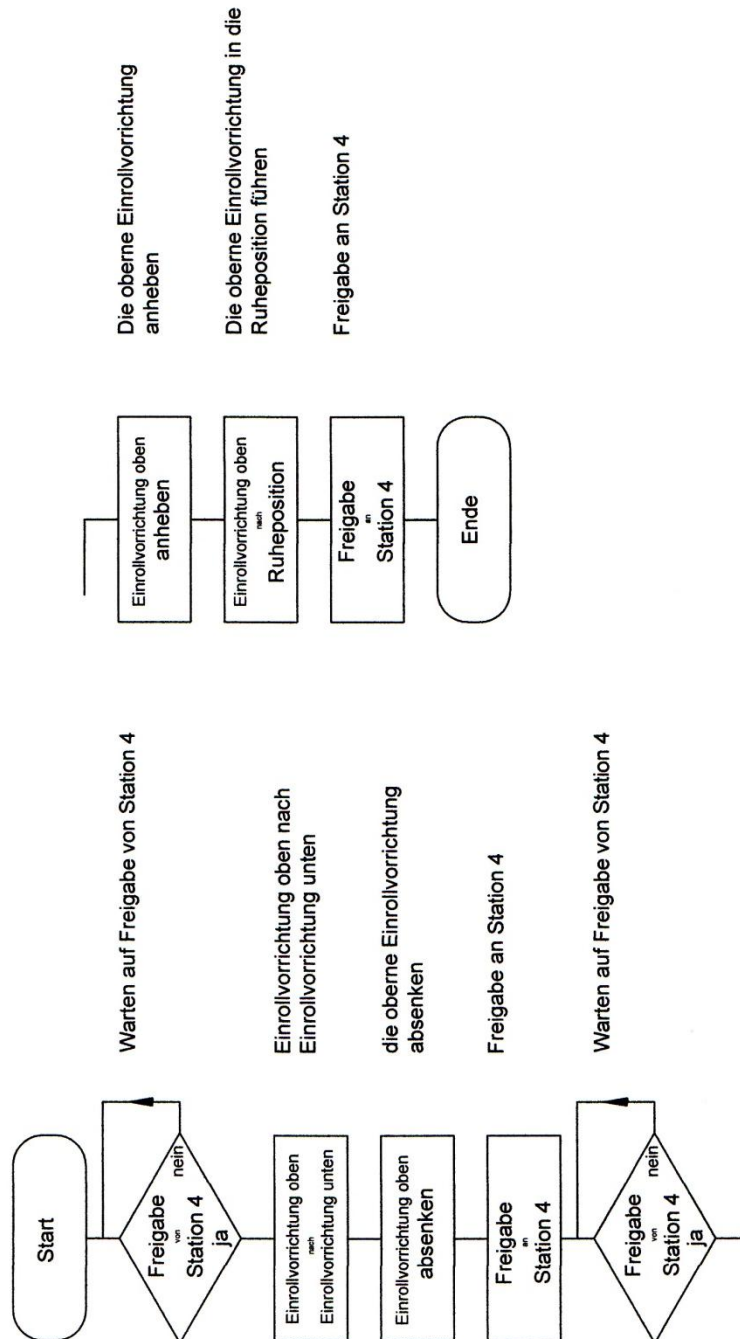
Station 5 (Stoppzylinder-Rückhaltehülse-Auffädelhorn)



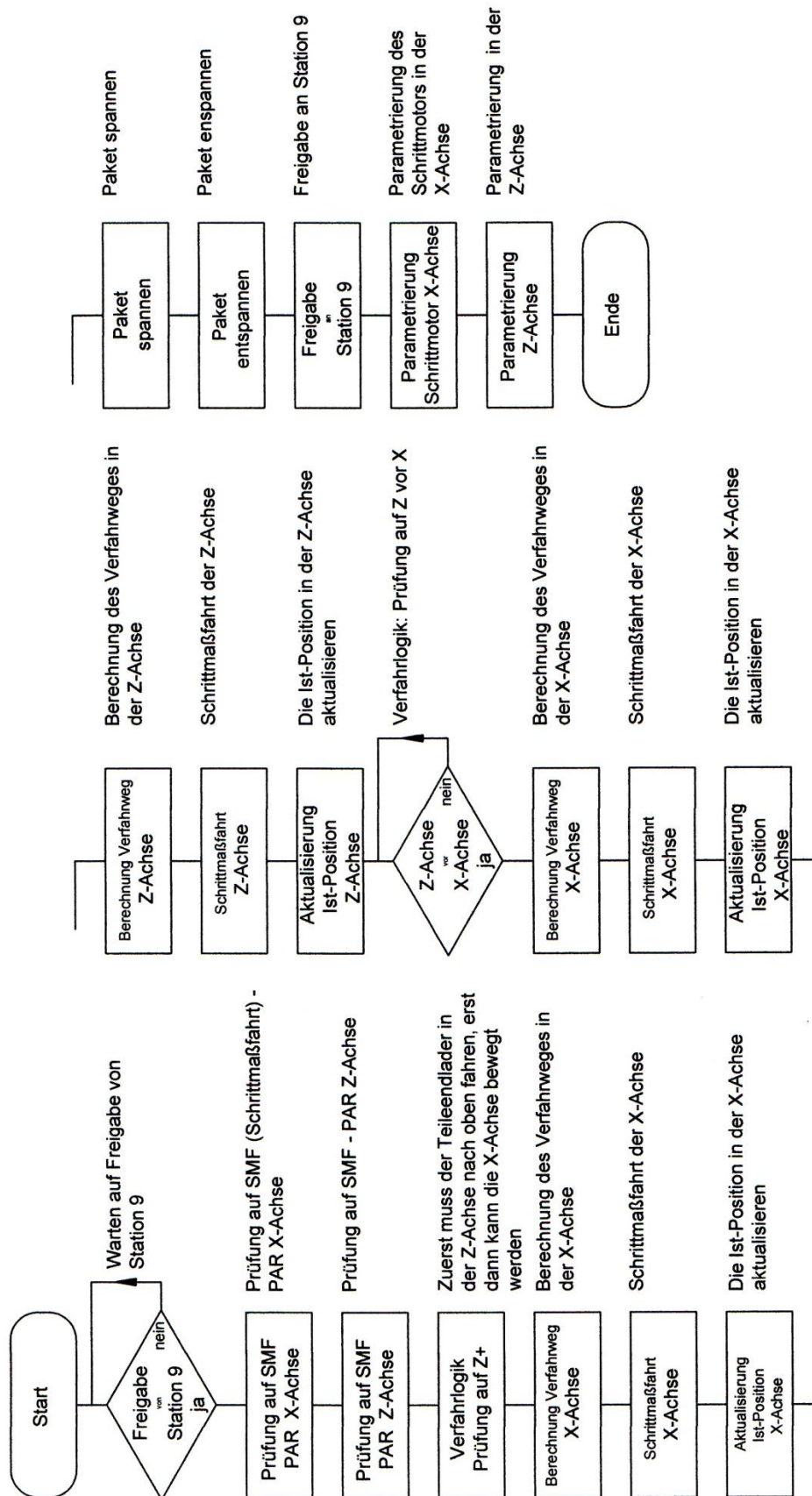
Station 6 (Papierrolle)



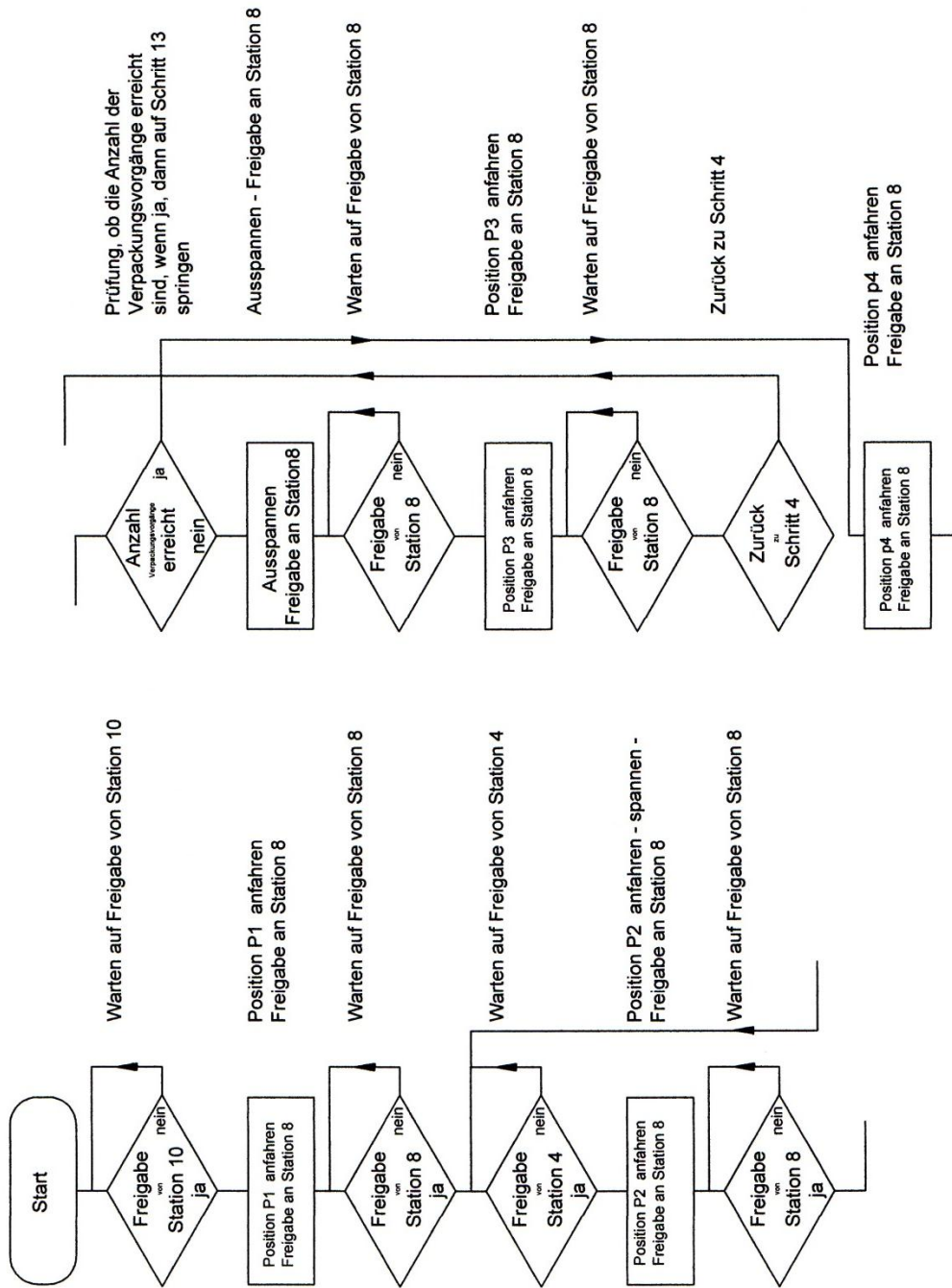
Station 7 (Einrollvorrichtung oben)

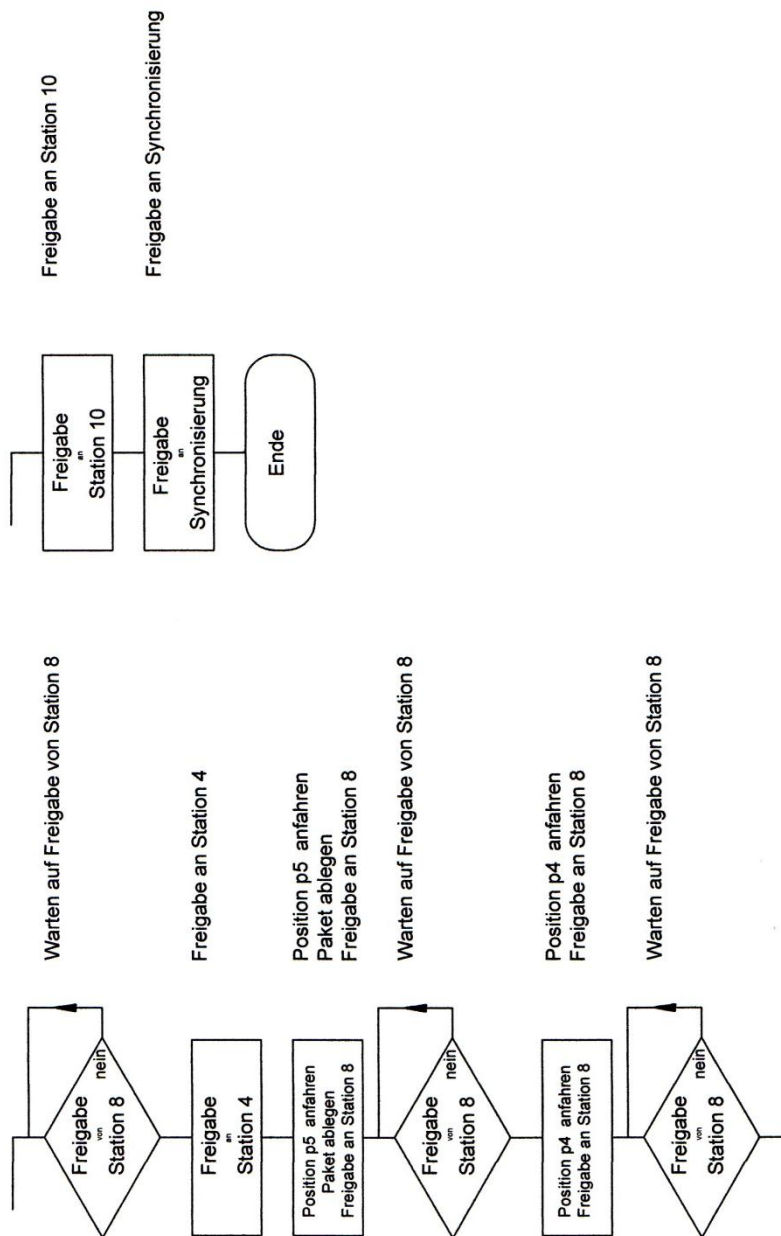


Station 8 (Ansteuerung Paletiersystem mit Verfahrenlogik)

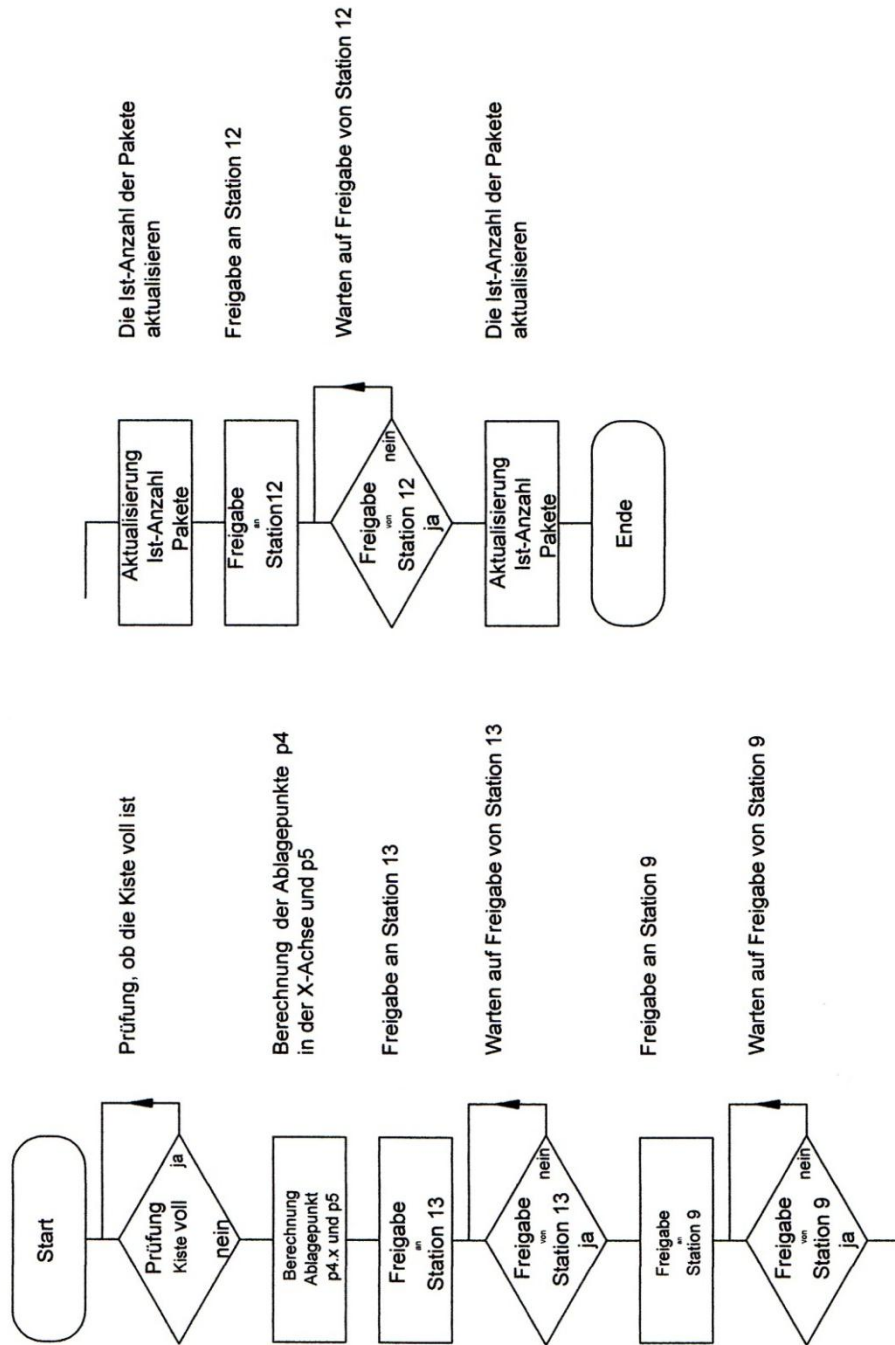


Station 9 (Berechnung der Anfahrpunkte und Ablaufsteuerung Palettiersystem)

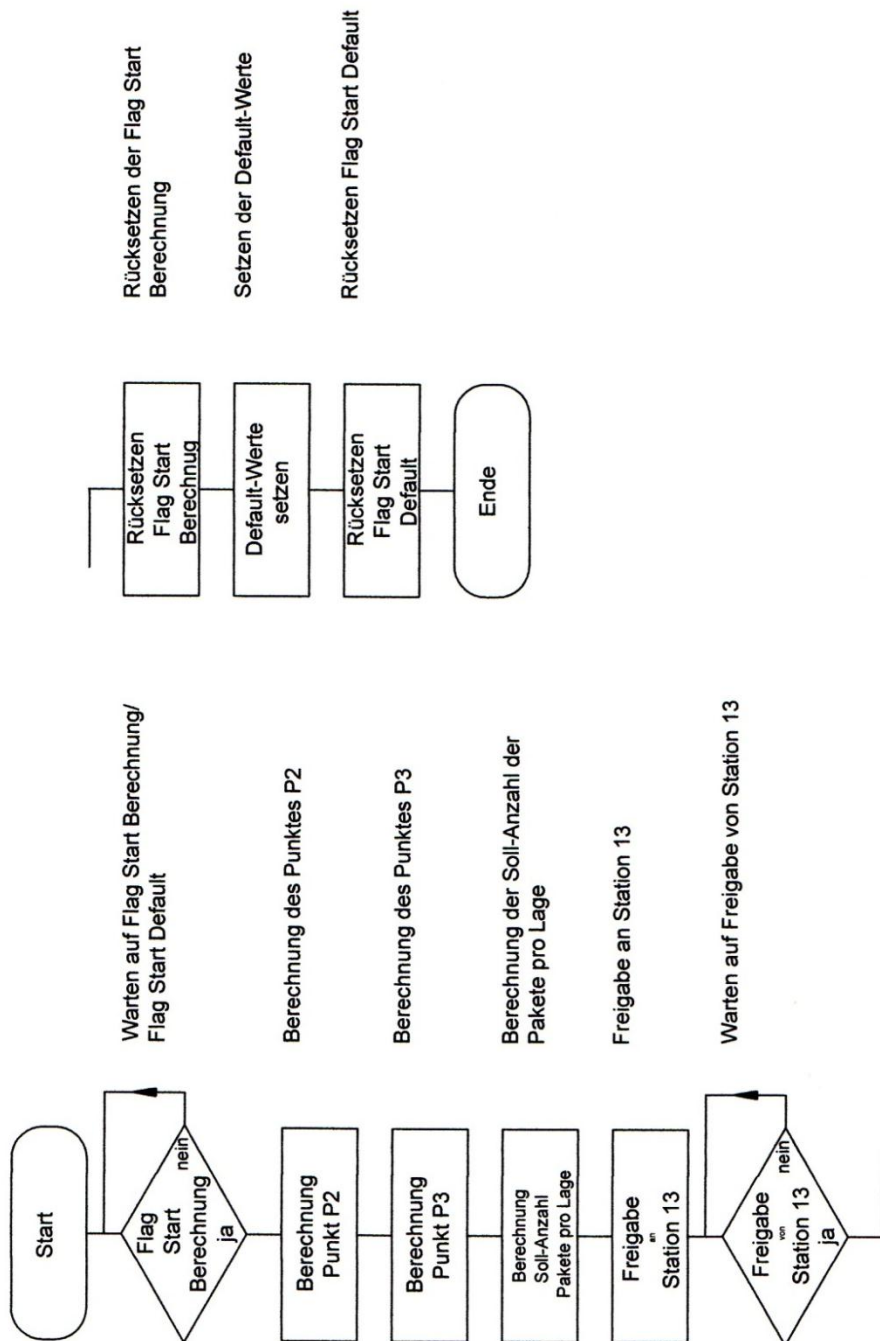




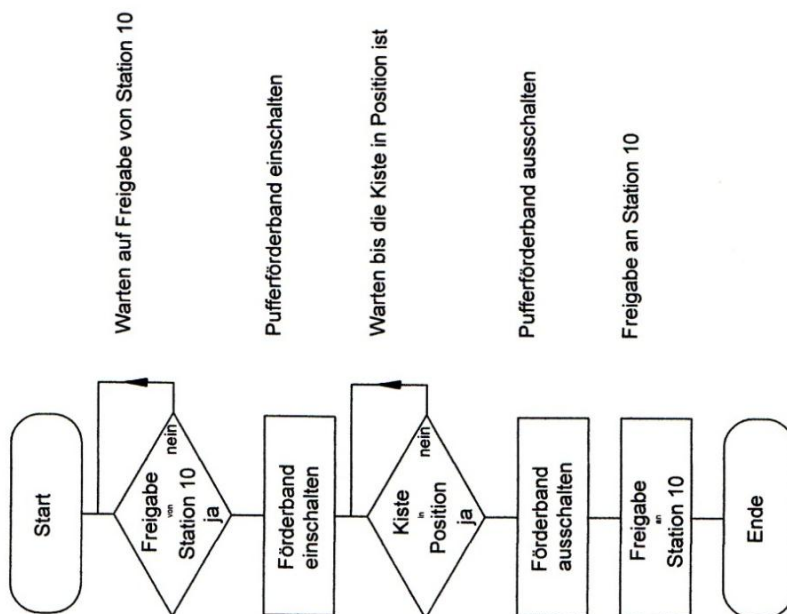
Station 10 (Berechnung der Anfahrpunkte-Kistenwechsel)



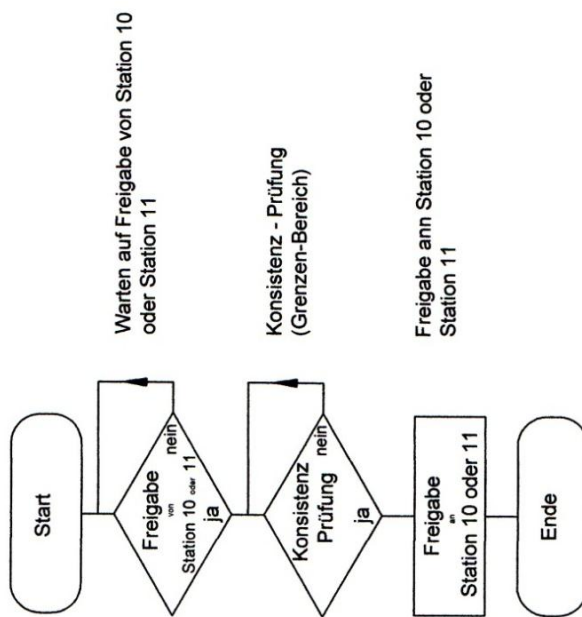
Station 11 (Berechnung der Koordinaten pro Rezeptur)



Station 12 (Förderband-Palettiersystem)



Station 13 (Konsistenzprüfung der Koordinaten)



10 Implementierung

In diesem Kapitel werden die Schritte erläutert, welche zur Fertigstellung der verschiedensten Einzelteile notwendig waren und die Beschaffenheit der einzelnen Normteile und der Einkaufsteile.

10.1 Fertigung

Die Fertigung der über 160 mechanisch herzustellenden Einzelteile wurde größtenteils aus zeitlichen Gründen von externen Firmen durchgeführt. Nicht alle Teile wurden spanend hergestellt, speziell die Flachteile wurden aus Kostengründen mit der Lasertechnik zugeschnitten.

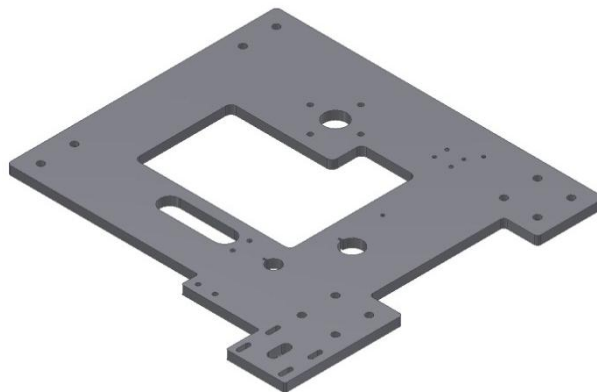


Abb. 32: Grundplatte links für die Papierrolleneinheit (Laserteil) (Eigene Quelle)

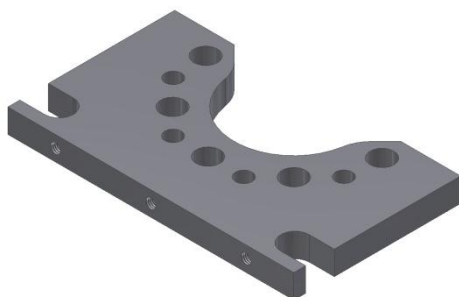


Abb. 33: Untere Einrollvorrichtung Seitenplatte 1 (Laserteil) (Eigene Quelle)

Die Antriebsrollen der Einwickelvorrichtung und der Papiervorschubeinheit müssten zum „Aufvulkanisieren“ mit einem speziellen Kunststoff auch extern in Auftrag gegeben werden.

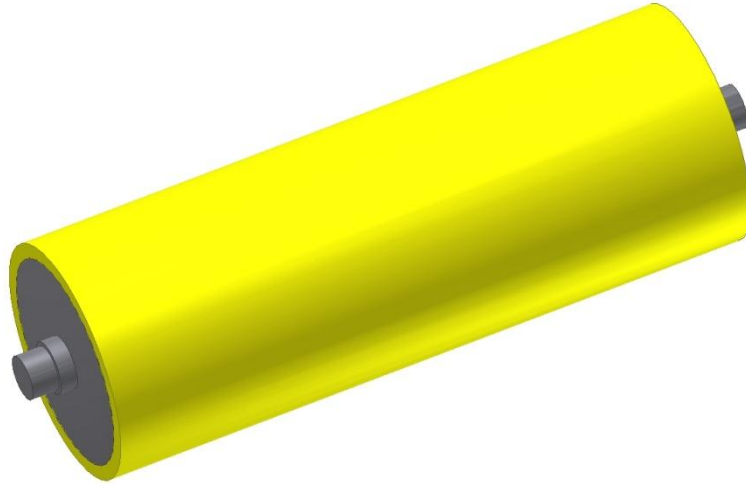


Abb. 34: Antriebsrolle für Papiervorschub (Auf Vulkanisiert) (Eigene Quelle)

10.2 Beschaffung

Die Normteile, wie Schrauben, Muttern, Sicherungsringe, Passstifte jeglicher Art und Größe, sowie die ganzen anderen Beschaffungsteile, wie Item-Komponenten, Motoren, Festo-Produkte, Zahnräder, Ketten-Räder, Federn und viele andere Einkaufsteile, wurden in einer Excel-Tabelle aufgelistet, kontrolliert und anschließend zur Bestellung freigegeben. Die gesamte Einkaufsliste umfasste eine Anzahl von über 700 verschiedenartigen Produkten. In der Anlage B (13.1) ist ein Ausschnitt der Einkaufsliste der Festo-Produkte ersichtlich.

10.3 Montage

Nachdem der Großteil der Einkaufsteile bzw. die Fertigungsteile eingetroffen waren, konnte die Montage beginnen. Der Zusammenbau erfolgte nach sehr

überlegten Schritten. Zuerst wurden die einzelnen Komponenten zusammengestellt, angefangen beim Grundgestell. Die fertig gestellten System-Baugruppen wurden in der Folge in das Grundgestell eingebaut, verschlaucht und verkabelt. Besondere Vorsicht galt es beim Zusammen- und Einbauen der sehr teuren Festo-Komponenten. Die Gefahr lag darin, dass beim Eindrehen der Luftanschlüsse mit zu hohem Kraftaufwand das Gewinde hätte beschädigt bzw. abbrechen können. Dabei wäre nicht nur eine Beschädigung der teuren Komponenten entstanden, sondern noch schlimmer wäre der Zeitverzug gewesen, denn das Projekt war ja zeitgebunden.

10.4 Validierung

Im Anschluss an die mechanische Fertigstellung und Montage aller Komponenten wurde die Inbetriebnahme in der Firma GKN Sinter Metals vorgenommen und in diesem Zuge die Feinanpassung des Steuerprogramms durch den hiesigen Facharbeiter durchgeführt.

Dabei waren im Verhältnis zur Komplexität der Anlage nur wenige mechanische Anpassungen erforderlich, wie etwa die Anbringung einer zusätzlichen Papier-Umlenkrolle (Idee war schon während der Konzeptphase entstanden) um einem Knittern des Rostschuttpapiers vorzubeugen. Weiters musste ein kapazitiver Sensor durch eine Lichtschranke ersetzt werden. Nach der allgemeinen mechanischen Feineinstellung und Optimierung des Programmablaufes konnte die Prozessqualifikation beginnen.

Die Beschickung der Teilezuführeinheit wurde manuell durchgeführt. Dabei wurden 1470 Produkte, zusammengesetzt aus 70 Paketen zu jeweils 21 Einzelteilen, störungsfrei verpackt. Man kann nun davon ausgehen, dass sich die Anlage, wie in der Abnahmephase gezeigt, auch in der Serienanwendung bewährt. Die Zuverlässigkeit der Ablaufprozesse in der industriellen Anwendung wird sich allerdings erst beim nächsten anstehenden Serienauftrag zeigen.

10.5 Risikoanalyse und Risikobeurteilung¹⁵

Die internationale Norm EN ISO 12100-1 „Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe und allgemeine Gestaltungsleitsätze“ gibt detaillierte Hilfestellung bei der Identifizierung von Gefährdungen, beschreibt die vom Konstrukteur zu betrachtenden Risiken, enthält Gestaltungsleitsätze und eine Methode zur sicheren Konstruktion und Risikominderung. Die ISO 14121/EN 1050 „Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung“ beschreibt eine iterative Methode zur Risikoanalyse, Risikobeurteilung und Risikominderung zum Erreichen der erforderlichen Maschinensicherheit. Bestehende maschinenspezifische Normen, wie z. B. Typ-C EN-Normen, sind vorrangig zu beachten.

Die EN ISO 12100-1 empfiehlt dem Maschinenkonstrukteur das folgende schrittweise Vorgehen zur Risikoreduzierung:

- „Spezifiziere die Grenzen und die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine.
- Identifiziere mögliche Gefährdungen und gefährliche Situationen.
- Schätze das Risiko einer jeden identifizierten Gefährdung und jeder gefährlichen Situation ein und betrachte dabei auch vorhersehbares Fehlverhalten oder Fehlbedienung von Bedienpersonen.
- Beurteile jedes einzelne Risiko und entscheide, ob eine Risikoreduzierung erforderlich ist oder nicht.
- Versuche das Risiko durch konstruktive Maßnahmen zu beseitigen oder zu reduzieren. Wenn dies nicht gelingt, dann
- Reduziere das Risiko durch den Einsatz von Schutzeinrichtungen (Trennende Schutzeinrichtungen, wie z. B. Schutzzäune oder Verdeckungen oder mit berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen, wie z. B. Sicherheits-Lichtvorhängen).
- Informiere und warne den Maschinenbediener bezüglich des verbleibenden Restrisikos der Maschine durch Warnhinweise an der Maschine und in der Betriebsanleitung“.¹⁶

¹⁵ Vgl. <http://www.arbeitssicherheit.leuze.de>.

¹⁶ <http://www.arbeitssicherheit.leuze.de>.

Die ersten vier Schritte beschreiben die Risikoanalyse und Risikobeurteilung. Hierzu enthält die ISO 14121 / EN 1050 detaillierte Anforderungen. Wichtig ist, dass die Risikoanalyse und Risikobeurteilung methodisch durchgeführt und nachvollziehbar dokumentiert wird. Ergänzend zu diesen vom Maschinenkonstrukteur gewählten Schutzmaßnahmen können seitens des Maschinenbetreibers bzw. Maschinenbedieners weitere Schutzmaßnahmen zur Reduzierung des verbleibenden Restrisikos erforderlich sein.

Dies sind z. B.:

- Organisatorische Maßnahmen (z. B. sichere Arbeitsprozesse, regelmäßige Überprüfungen)
- Persönliche Schutzeinrichtungen
- Training und Unterweisung des Bedienpersonals

In Anlage A (12.3) ist eine ausführliche Dokumentation über die Risikobewertung beigelegt.

11 Ergebnisse und Ausblick

Im abschließenden Kapitel werden die bisher gewonnenen Ergebnisse zusammengefasst und eine Bewertung der Leistung aus der Sicht des Autors vorgenommen. Ein Ausblick zeigt Weiterentwicklungspotenziale auf.

11.1 Ergebnisse

Das Diplomarbeitsthema „Verpackungsmaschine“ ergab sich aus einer Anforderung der Firma GKN Sinter Metals mit Standort in Bruneck. Für die stoßempfindlichen Sinterteile sollte eine automatische Einwickelvorrichtung entwickelt werden. Aus den technischen Vorgaben des Lastenhefts sind konkrete Entwürfe entstanden, die als Grundlage für die Auswertung der bestmöglichen Lösung galten. Diese Intention schaffte die Grundlage dieser Diplomarbeit. Nach der Findung des Diplomarbeitsthemas galt es, die Grundlagen der Automatisierungstechnik und ihre Standards zu erläutern. Anschließend wurde die Aufgabenverteilung in einen Projektverteilungsplan aufgelistet und die anfallenden Kosten wurden auch mit der alten Einwickeltechnik verglichen. Hinterher wurde das beste Konzept ausgearbeitet und die einzelnen Komponenten vorgestellt. Dazu wurden auf Basis des Lastenheftes aus mechanischer Sicht die Komponenten designt. Als Nächstes wurde die allgemeine Steuerung behandelt und weil für einen störungsfreien Ablauf der Steuerung technische Hilfsmittel vonnöten sind, wurden diese für ihre Verwendungszwecke erklärt. Die Steuerung selbst wurde mit einem SPS-Programm realisiert und die einzelnen Schrittketten wurden mit einem Blockschaltbild übersichtlich dargestellt. Die Durchführung und Herstellung der komplexen Einzelteile sowie die Beschaffung der verschiedensten Normteile waren die nächsten Schritte, die beschrieben wurden. Eine Sicherstellung der Qualität des gesam-

ten Projekts und eine Risikobewertung waren die letzten Arbeitsschritte dieser Diplomarbeit.

11.2 Bewertung der Arbeit

Im Rahmen der Diplomarbeit ist es gelungen, alle Musskriterien des Pflichtenhefts zu erfüllen. Die mechanischen Komponenten konnten in ihrer Bauweise möglichst klein gehalten und ihre Anordnung so ausgelegt werden, dass nun beim Verpackungsprozess ein störungsfreier Ablauf gegeben ist. Den Einsatz der Item-Profile ergab sich als vorteilhaft, so konnte ein stabiles und präzises Grundgestell als Aufnahme für die einzelnen Komponenten konstruiert werden. Außerdem waren die vorgefertigten Festo-Komponenten, wie die Handlings-Module und die verschiedensten Lineareinheiten, für einen einwandfreien mechanischen Prozess sehr hilfreich. Die Einwickelvorrichtung, die im Rahmen der Diplomarbeit entwickelt wurde, war mit Sicherheit die wichtigste Baugruppe. Sie wurde aus freier Idee entworfen und entpuppte sich als einwandfreie Lösung für diese Aufgabenstellung. Des Weiteren konnte die Verpackungsmaschine soweit automatisiert werden, dass der Prozesszyklus nahezu störungsfrei ablaufen kann. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch die Verpackungsmaschine die alte Einwicklungstechnik ersetzt wurde und somit die Arbeitskräfte für andere Arbeiten eingesetzt werden können.

11.3 Ausblick

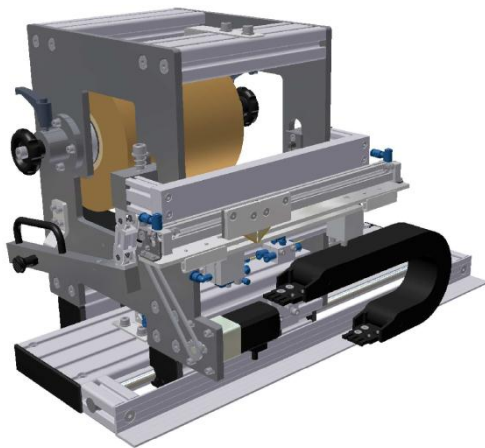
Große Optimierungen sind für diese Bauweise sicher nicht möglich. Allerdings könnte ein zweites Handlings-Modul für die Beschickung der Teile auf den Dorn angebaut werden, dadurch würde die Zykluszeit pro Paket minimiert. Für weitere Optimierungen muss zuerst die Maschine in der Produktion beobachtet werden und dann kann man die Verbesserungsmöglichkeiten optimaler wahrnehmen.

12 Anlage A

12.1 Berechnungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Berechnungen für die Antriebsmomente und die Übersetzungsverhältnisse aufgelistet.

12.1.1 Übersetzungsverhältnis Papiervorschubeinheit



Angaben:

Ø gummierte Rolle = 80 mm -> Umfang = 251,2 mm

Kleines Kettenrad = Kettenrad 6 x 2,8; Z = 8

Großes Kettenrad = Kettenrad 6 x 2,8; Z=12

Übersetzungsverhältnis Motorgetriebe = 1/100

Übersetzungsverhältnis Kettenräder = $\frac{12 \text{ Zähne}}{8 \text{ Zähne}} = 1,5$

Lösung:

1 Umdrehung der Getriebewelle entspricht 377 mm Papiervorschub,
das entspricht **100 Motorumdrehungen.**

12.1.2 Motorenberechnung für Papiervorschub

Vorschubgeschwindigkeit geschätzt = 75 mm/sec

Rollendurchmesser $d = 80 \text{ mm}$ - $\rightarrow U = d \cdot 3,14 = 251,2 \text{ mm}$

Umdrehungen Antriebsrolle = $75/251,2 = \text{ca. } 0,3 \text{ U/sec}$ - \rightarrow **18U/min**

Versione con alimentazione 24/48 VDC: AR46AK-H100-□

[Home](#) / [Prodotti](#) / [Motori passo passo & sistemi](#) / [Versione con alimentazione 24/48 VDC \(Con riduttori armonici\)](#) / AR46AK-H100-□



Informazioni sul prodotto

Tipo
AR46AK-H100-□

Serie
Versione con alimentazione
24/48 VDC (Con riduttori
armonici)

Versione con alimentazione 24/48 VDC

[Zoom](#)

Dati tecnici

Tipo	AR46AK-H100-□
Flangie di montaggio [mm]	42
Rapporto	1:100
Coppia disponibile [Nm]	5
Alimentazione	24/48 VDC
Risoluzione [°/step]	0.0036
In accordo RoHS	yes

Harmonic Geared Type Motor frame Size 42 mm, 60 mm, 90 mm

■ Specifications **RoHS**

CE

Model	Standard (Single shaft) Electromagnetic Brake	AR46AK-H50-◇ AR46MK-H50-◇	AR46AK-H100-◇ AR46MK-H100-◇	AR66AK-H50-◇ AR66MK-H50-◇	AR66AK-H100-◇ AR66MK-H100-◇	AR98AK-H50-◇ AR98MK-H50-◇	AR98AK-H100-◇ AR98MK-H100-◇	
Maximum Holding Torque	N·m	3.5	5	5.5	8	25	37	
Rotor Inertia	J: kg·m ²	75 × 10 ⁻⁷ [90 × 10 ⁻⁷] ^{*1}		415 × 10 ⁻⁷ [535 × 10 ⁻⁷] ^{*1}		1300 × 10 ⁻⁷ [1420 × 10 ⁻⁷] ^{*1}		
Permissible Speed Rang	r/min	0~70	0~35	0~60	0~30	0~40	0~20	
Gear Ratio		1:50	1:100	1:50	1:100	1:50	1:100	
Resolution	Resolution Setting: 1000 P/R	0.0072°/Pulse	0.0036°/Pulse	0.0072°/Pulse	0.0036°/Pulse	0.0072°/Pulse	0.0036°/Pulse	
Permissible Torque	N·m	3.5	5	5.5	8	25	37	
Maximum Torque	N·m	8.3	11	18	28	35	55	
Lost Motion (Load torque)	arc minute (degrees)	1.5 max. (0.025°) (± 0.16 N·m)	1.5 max. (0.025°) (± 0.2 N·m)	0.7 max. (0.012°) (± 0.28 N·m)	0.7 max. (0.012°) (± 0.39 N·m)	1.5 max. (0.025°) (± 1.2 N·m)		
Power Source		24 VDC ± 10% 1.4 A/48 VDC ± 5% 1.4 A		24 VDC ± 10% 3.1 A/48 VDC ± 5% 3.1 A ^{*1}		24 VDC ± 10% 2.5 A/48 VDC ± 5% 2.5 A ^{*1}		
Electromagnetic Brake ^{*1}	Type	Active when the power is off						
	Power Supply Input	24 VDC ± 5% ^{*2} 0.1 A			24 VDC ± 5% ^{*2} 0.3 A			
	Power Consumption W	2			6			
	Excitation Current A	0.08			0.25			
	Static Friction Torque	N·m	1.75	2.5	2.75	4	12.5	18.5
Mass	Motor	kg	0.68 [0.83] ^{*1}		1.41 [1.71] ^{*1}		4 [4.6] ^{*1}	
	Driver	kg	0.17					
Dimension No.	Motor		13 [22] ^{*1}		20 [23] ^{*1}		21 [24] ^{*1}	
	Driver		25					
	Cable		26					

12.1.3 Motorenberechnung Einrollvorrichtung

Versuchsaufbau auf Prototyp Einrollvorrichtung:

Gewicht, ca.8kg auf Einrollvorrichtung gelegt (simuliert Niederhaltezyylinder) und Widerstand beim Einrollen gemessen.

Ergebnis: geschätzte 5kg auf einem Hebel von 5cm.

Kraft= 50 N

Hebellänge= 0,05 m

Drehmoment auf Antriebsrolle = 2,5 Nm

Notwendige Umdrehungen der Antriebsrollen um den Teilestapel in das Papier einzurollen und die Papierüberlagerung in die obere Position zu bringen (ca.360°) = 2 Umdrehungen

Zeit für Einrollvorgang = ca. 3,5 sec

Antriebsrollenumdrehungen = ca. 35 U/min

Übersetzungsverhältnis der Kettenräder = 1,5

Kettenrad auf Antriebsrolle Z = 8

Kettenrad auf Motorwelle Z = 12

Motorumdrehungen = 24 U/min

Drehmoment auf Motorwelle = 3,75 Nm

12.1.4 Motorenberechnung für die X-Z-Achse

Motor für Z-Achse und für X-Achse:

Gewicht der Z-Achse = ca.3 kg

Gewicht einer Teilerolle = ca.1kg

Gesamtgewicht F = ca.4 kg

Zahnriemenscheibenradius von KLE 60 = 24,5 mm = 0,0245 m

$U = d \cdot 3,14 = 0,0245 \cdot 2 \cdot 3,14 = 0,15 \text{ m}$

$M = F \cdot r = 40 \text{ N} \cdot 0,0245 \text{ m} = \mathbf{0,98Nm}$

Hubgeschwindigkeit (geschätzt) 0,25 m/sec

Umdrehungen der Riemenscheibe $0,25 \text{ m} / 0,15 = \text{ca. } 1,6 \text{ U}$ für $0,25 \text{ m}$
 $1,6 \text{ U/sec} \rightarrow \text{ca. } 100 \text{ U/min}$

Versione con alimentazione AC: AR66MC-N10-□

[Home](#) / [Prodotti](#) / [Motori passo passo & sistemi](#) / [Versione con alimentazione AC \(Con riduttori a planetario\)](#) / AR66MC-N10-□



Versione con alimentazione AC [Zoom](#)

Dati tecnici	
Tipo	AR66MC-N10-□
Flangie di montaggio [mm]	60
Rapporto	1:10
Coppia disponibile [Nm]	5
Gioco [°/min]	0.0834
Alimentazione	single-phase 200-230
Risoluzione [°/step]	0.036
Con freno elettromagn.	yes
In accordo RoHS	yes

Motor für Vertikalachse:

PN Geared Type Motor Frame Size 60mm

Specifications (RoHS)



Model	Standard (Single shaft)	AR66A□-N5-◇	AR66A□-N7.2-◇	AR66A□-N10-◇	AR66A□-N25-◇	AR66A□-N36-◇	AR66A□-N50-◇
	Electromagnetic Brake	AR66M□-N5-◇	AR66M□-N7.2-◇	AR66M□-N10-◇	AR66M□-N25-◇	AR66M□-N36-◇	AR66M□-N50-◇
Maximum Holding Torque	N·m	3.5	4	5	8		
Rotor Inertia	J: kg·m ²	380×10 ⁻⁷ [500×10 ⁻⁷] ^{*1}					
Backlash	arc min (deg)	2 (0.034)			3 (0.05)		
Angular Transmission Error	arc min (deg)	5 (0.0834)					
Permissible Speed Range	r/min	0~600	0~416	0~300	0~120	0~83	0~60
Gear Ratio		1:5	1:7.2	1:10	1:25	1:36	1:50
Resolution	Resolution Setting: 1000 P/R	0.072°/Pulse	0.05°/Pulse	0.036°/Pulse	0.0144°/Pulse	0.01°/Pulse	0.0072°/Pulse
Permissible Torque	N·m	3.5	4	5	8		
Maximum Torque ^{*3}	N·m	7	9	11	16	20	
Power Source	Voltage/Frequency	Single-Phase 100-115 VAC -15~+10% 50/60 Hz					
		Single-Phase 200-230 VAC -15~+10% 50/60 Hz					
		Three-Phase 200-230 VAC -15~+10% 50/60 Hz					
	Maximum Input Current A	4.4					
	Single-Phase 100-115 VAC	2.7					
	Single-Phase 200-230 VAC	1.4					
	Three-Phase 200-230 VAC	0.5 A					
Control Power Supply		24 VDC±5% 0.5 A					
	Type	Active when power is off					
Electromagnetic Brake ^{*4}	Power Supply Input	24 VDC±5% ^{*2}					
	Power Consumption W	6					
	Excitation Current A	0.25					
	Static Friction Torque	N·m	1.75	2	2.5	4	
Mass	Motor	1.5 [1.8] ^{*1}					
	Driver	0.75					
Dimension No. Driver	Motor	20 [23] ^{*1}					
	Cable	31					
		32					

12.2 Lastenheft



GKN SINTER METALS SPA-AG
Bruneck-Brunico

Lastenheft

Titel: Anlage für automatisches Verpacken - Grobkonzept

Änderungsstand: 01

1. GEGENSTAND

Planung und Herstellung einer automatischen Anlage mit der Aufgabe das Produkt FA8048, FA5207 und ähnliche zu verpacken.

- Zeichnung FA8048 u. FA5207, siehe Zeichnung in Anlage

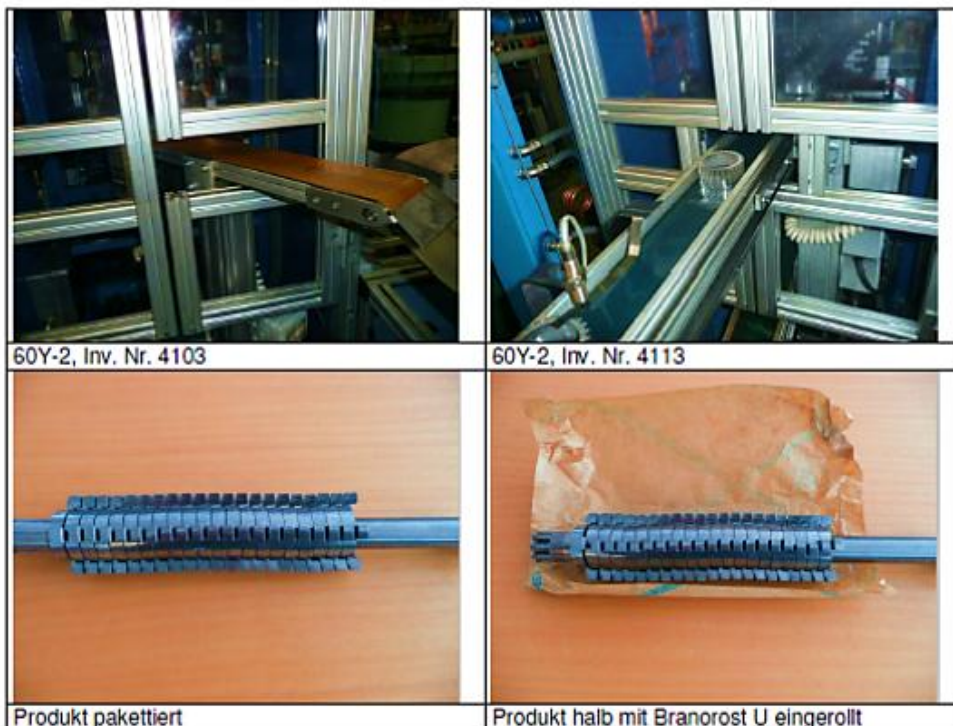
2. AUFGABENSTELLUNG

2.1 GROBABLAUF/ZUFÜHRUNG

Die Produkte werden direkt am Auslauf der Kalibriermaschine der Type 60Y-2 vereinzelt und positioniert in leicht oligem Zustand über ein Förderband bereitgestellt. Daraufhin sind diese schonend, in vorgegebener Menge, z.B. 21 Stück (in der Steuerung als Parameter variabel festzulegen), aufgefädelt (o.ä.) der Anlage lagegerecht positioniert zuzuführen. Anschließend sind die Produkte als Pakete in Korrosionsschutzpapier mit den Abmaßen 260x200 (Type Branorost U) einzurollen und die diesbezüglichen Enden einzufalten. Die Pakete sind in der Folge aut. auf einem Puffer abzulegen (ggf. über Rutsche und Förderbandpuffer) um eine ergonomisch günstiges Abnehmen per Hand zu gewährleisten. Die Größe des Puffers soll eine Autonomie bis zu einer 1 Stunde erreichen. Grundsätzlich ist eine Logik mit Sensorik für angemessene Kollisionsüberwachung vorzusehen.

Beschädigungen der Produkte durch die Anlage sind auszuschließen.

Fotosequenz der primären Aufgabenstellung (Anlage in "Kompaktbauweise" konzipieren):





Produkt als Paket verpackt

Produkt per Hand in Behälter Typ KLT eingelegt

2.2 ZYKLUSZEITEN

Die zu verpackenden Stückzahlen belaufen sich auf ca. 100.000 Teile/ Monat. Die Anlage ist so zu konzipieren, dass kürzestmögliche Zykluszeiten erreicht werden. Mindestmenge ist 25 Stück/ min.

3. SICHERHEITSBELANGE/ENERGIE

Die Ausführung der Anlage hat in Übereinstimmung mit der Maschinenrichtlinie EG 89/392 EWG, Niederspannungsrichtlinie EG 73/23 EWG und Richtlinie elektromagnetische Verträglichkeit EG 89/336 EWG zu erfolgen und wird mit entsprechender Konformitätserklärung für die Inbetriebnahme freigegeben. Im Servicebetrieb ist ein „Autozyklus nicht gestattet“, sondern nur schrittweiser „Tippbetrieb“. Die Verpackungsanlage muss mit einer zweckmäßigen Beleuchtung versehen sein.

Störsignale sind entsprechend mit Signalleuchte auszugeben und Störbehebungslogik vorzusehen.

Elemente mit hohen Wirkungsgraden zum Zwecke geringen Energieverbrauchs sind einzusetzen. Lärmpegel der Anlage bei max. Belastung < 80dB.

4. RÜST-EINRICHTVORGABEN/WECHSELTEILE

Der Werkstoff der Elemente, die starkem Verschleiß unterliegen, sind entsprechend zu vergüten. Halterungen, wie Backen, Schieber, Werkstückaufnahmen usw. sind als **Schnellwechselsätze** mit Schnellverschlüssen auszuführen.

Zielvorgabe für das Rüsten/ Einrichten, z.B. andere Werkstückträger (von Anlage „STOP“ bis Anlage „START“) sind 10 min.

5. HARDWAREKOMPONENTEN

Elektro (-nik) wie Steuerung (SPS), Schütz, etc.:	Fabr. SIEMENS
Pneumatik:	Fabr. FESTO
Rahmen und Standardelemente:	item - Profile u. Komponenten (vorzugsweise)

6. INSTALLATION, INBETRIEBNAHME, EINSCHULUNG

Installation, Inbetriebnahme und Einschulung in die Bedienung im Werk GKN Sinter Metals. Bedienerführung in der Sprache deutsch.

7. QUALIFIKATION/ GEWÄHRLEISTUNG DER ANLAGE

Die Vorabnahme der Anlage und Einrichtungen erfolgt nach Stand der Technik beim Hersteller mit genanntem Produkt.

Titel: Anlage für automatisches Verpacken - Grobkonzept

Änderungsstand: 01

Die produktspezifische Endabnahme erfolgt mit entsprechenden Teilen im Hause GKN Sinter Metals.
Störfrequenz (zurückzuführen auf die Anlage): < 50ppm
Zuverlässigkeit für die korrekte Verpackung: 100%
Eventuelle Hilfsmittel sind Bestandteil des Lieferumfangs und vor Ausführung im Detail abzustimmen.

8. DOKUMENTATION

Ausführliche Bedienungsanleitungen komplett mit:

- Elektroplan und Stücklisten
- Pneumatikplan und Stücklisten
- Ersatzteilliste und mechanische Ersatzteilzeichnungen
- CE - Konformitätserklärung nach CEE 89/392
- Angemessene Anweisungen zur turnusmäßigen Wartung und periodischen Überprüfung, einschließlich AM-Plan (Autonomous Maintenance)

Alle Unterlagen in Deutsch 2-fach und zusätzlich auf Datenträger (MS-Word, XLS, Cad-Dateien, Eplan, ggf. zu vereinbaren)

9. ALLGEMEINES

Es wird vorausgeschickt, dass die Ausführung der Anlage in fachgerechter Art und Weise (saubere Verlegung von Leitungen und Kabel, übersichtliche und ergonomisch günstige Anbringung von Bedienelementen, einfache Zugänglichkeit, etc.) erfolgt, die Bedienung u. Bedienerführung benutzerfreundlich ist.

10. ERLÄUTERUNGEN

Anlage: Zeichnungen lt. Pkt. 1

11. VERTEILER

CAD Projekt, WEI, FT, GOB

12. ÜBERSICHT DER ÄNDERUNGEN

Freigabe	Änd. Index	geänderte Seiten	Art der Änderung
20.10.2008	00	alle	Neuauflage-Erstenwurf
26.08.2009	01	1	Aufgabenstellung „direkte Anbindung an Kalibrierpresse“, überarbeitet und Fotosequenz der Pressen hinzu

TEAMLEADER :

SPONSOR :

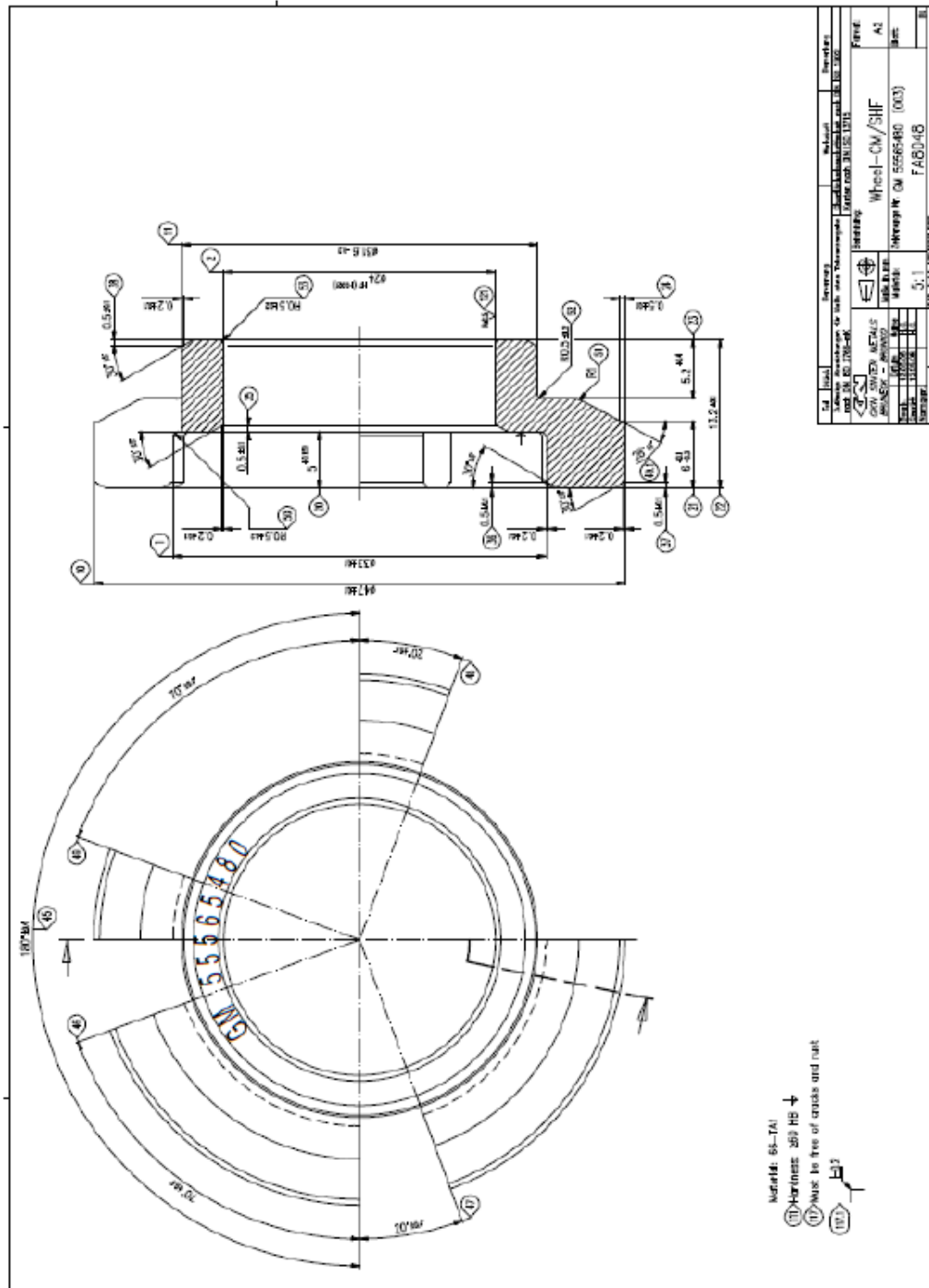
Datum: 20.10.2008

H:\ssoft\wb\TOOLSHOP\PROJEKTE\Projekt_GOB\LASTENHEFT_VERPACKUNGSANLAGE_GOB_2008.doc

Seite: 3 von 5

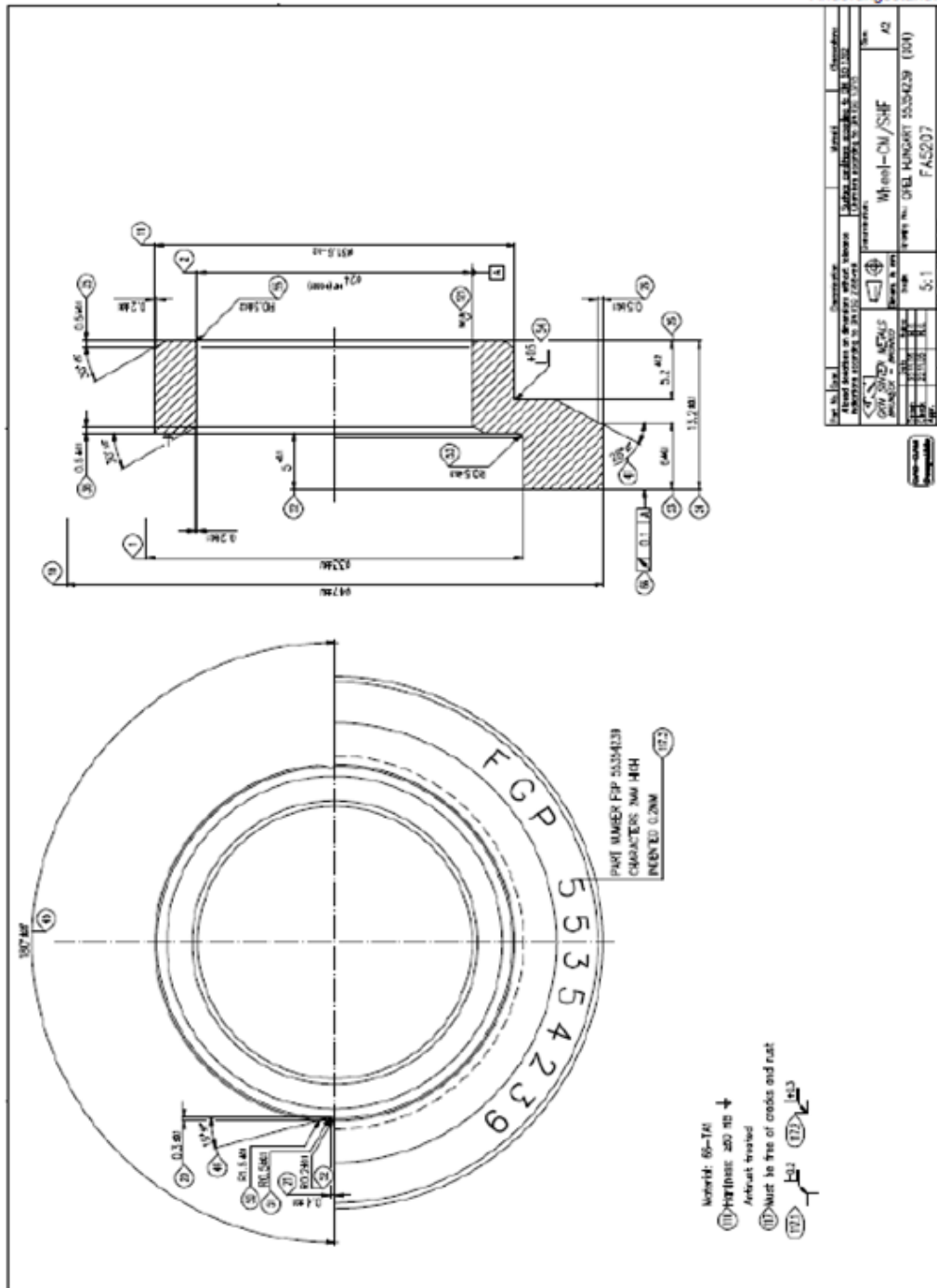
Titel: Anlage für automatisches Verpacken - Grobkonzept

Änderungsstand: 01



H:\user\wbi\TOOLSHOP\PROJEKTE\Projekt_GOB\LASTENHEFT_VERPACKUNGSANLAGE_GOB_2008.doc

Seite: 4 von 5



12.3 Risikoanalyse- Dokumentation

Diese Betriebsanleitung soll dem Anwender helfen, die Verpackungsmaschine kennen zu lernen und seine bestimmungsgemäßen Einsatzmöglichkeiten zu nutzen. Sie enthält wichtige Hinweise um die Maschine sicher, sachgerecht und wirtschaftlich betreiben zu können. Ihre Benützung hilft, Gefahren zu vermeiden, Reparaturkosten und Ausfallzeiten zu vermindern und die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer der Verpackungsmaschine zu erhöhen. Die Betriebsanleitung muss ständig am Ort der Maschine verfügbar sein, sorgfältig aufbewahrt und gegebenenfalls an Nachbenutzer weitergegeben werden. Die Betriebsanleitung ist von allen Personen zu lesen und anzuwenden, die mit Arbeiten an der Maschine betraut sind, wie z.B. Personal für:

- Transport und Aufstellung
- Bedienung
- Störungsbehebung
- Instandhaltung

Neben der Betriebsanleitung sind auch die im Verwendungsland und an der Einsatzstelle geltenden gültigen national und allgemeinen Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften unbedingt einzuhalten.

Gegenüber Darstellung und Angaben dieser Betriebsanleitung sind technische Änderungen, die zur Verbesserung der Maschine notwendig werden, vorbehalten.

Zielpublikum

Diese Betriebsanleitung wendet sich an technisch qualifizierte Benutzer, welche für die Bedienung der Maschine speziell ausgebildet sind oder werden.

Leseverpflichtung

Als Betreiber und als Benutzer der Maschine sind Sie verpflichtet, diese Betriebsanleitung und insbesondere das Kapitel Sicherheitsvorschriften zu lesen und zu verstehen. Es geht um Ihre Sicherheit! Bitte wenden Sie sich bei Fragen oder Unklarheiten an die oben genannten Hersteller.

Verhalten bei Problemen

Bei Problemen, die Sie mit Hilfe dieser Betriebsanleitung nicht lösen können steht Ihnen das Fachpersonal zur Verfügung. Es ist in solchen Situationen unerlässlich, dass Sie eine präzise Beschreibung der Problemsituation vorlegen.

Symbolerklärung

Bedeutung der Sicherheitshinweise und Sicherheitskennzeichen.

In dieser Betriebsanleitung werden die nachfolgenden Symbole verwendet, um wichtige Textstellen und relevante Abschnitte zu markieren.



Unmittelbar drohende Gefahr, für Leib und Leben von Personen.

Bei Nichtbeachtung dieses Gefahrenhinweises können schwere Körperverletzungen oder sogar Tod die Folge sein.



Möglicherweise gefährliche Situation für Leib und Leben von Personen. Bei Nichtbeachtung können Verletzungen und Sachschäden die Folge sein.



Anwendungshinweise und andere nützliche Informationen, welche die bestimmungsgemäße Verwendung des Produkts erleichtern.

Gibt die korrekte Verhaltensweise an, damit beim Gebrauch der Maschine die Umwelt geschont wird.

Produktbeschreibung

Kennzeichnung des Produktes

Das Typenschild ist am Rahmen befestigt und enthält folgende Angaben:

Maschinen-Typ: Verpackungsmaschine

Serien-Nr.: _____

Auftrags-Nr.: _____

Baujahr: 2009/2010

Verwendungszweck

Die Verpackungsmaschine ist nur dafür bestimmt, die aus der Y-Pressen, über ein Förderband kommenden Teile zu verpacken und anschließend in einem Magazin aufzubewahren.

Einsatzgrenzen

Der Einsatzbereich der Maschine ist wie folgt beschränkt:

- Umgebungstemperatur
- Zulässige bearbeitbare Materialien:
- Zulässige max. Größe der bearbeitbaren Kleinteile:
- Zulässige min. Größe der bearbeitbaren Kleinteile:

Die Maschine darf nur in gesetzlich zugelassenen Werkstätten, Hallen, usw. betrieben werden. Die Maschine darf nicht in Räumen betrieben werden, in denen sich explosionsgefährdete Materialien befinden oder große Staubkonzentration oder Feuchtigkeit vorherrschen.

Konformität

Die Maschine entspricht den Anforderungen der EG-Richtlinie

Gefahrenbereiche

Der Gefahrenbereich der Maschine ist in nachstehender Skizze gekennzeichnet. Informieren Sie sich im Kapitel Sicherheitsvorschriften über Restgefahren.

Technische Daten

Technische Daten liegen im Handbuch auf:

Daten über Lärmemissionen.

Der Arbeitsplatz bezogene Emissionswert überschreitet die vorgeschriebenen Werte nicht.

Daten über weitere Emissionen.

Es entstehen keine weiteren Emissionen.

Sicherheitsvorschriften

Grundsatz:

Die Maschine ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Dennoch drohen bei nicht fachgerechter Handhabung Gefahren:

- Für Leib und Leben der Benutzer oder Dritter
- Beeinträchtigungen der Maschine und anderer Sachwerte
- Für den effizienten Einsatz der Maschine

Bestimmungsgemäße Verwendung:

- Die Verpackungsmaschine ist ausschließlich nur dafür bestimmt.
- Die Maschine darf nicht in Räumen betrieben werden, die den gesetzlichen Bestimmungen nicht entsprechen.
- Die Maschine darf nicht in Räumen betrieben werden, in denen sich explosionsgefährdete bzw. brennbare Materialien befinden.
- Die Maschine darf nicht in Räumen betrieben werden, in denen hohe Staubkonzentration oder hohe Feuchtigkeit vorherrscht.

- Die Maschine darf nicht in Räumen betrieben werden, in denen die Mindesttemperatur von +10°C nicht unterschritten und die Höchsttemperatur von 40°C nicht überschritten wird.
- Die Maschine ist nur in technisch einwandfreiem Zustand sowie bestimmungsgemäß, sicherheits- und gefahrenbewusst unter Beachtung der Betriebsanleitung zu benutzen!
- Störungen, welche die Sicherheit der Maschine beeinträchtigen können, müssen umgehend vom Fachpersonal beseitigt werden.

Achtung!

Hinweise für die Vorsorgemaßnahmen durch den Betreiber:

- Die Betriebsanleitung muss ständig am Einsatzort der Verpackungsmaschine griffbereit aufbewahrt werden.
- Ergänzend zu der Betriebsanleitung sind allgemeingültige gesetzliche und sonstige verbindliche Regelungen zur Unfallverhütung zu beachten.

Anforderungen an die Ausbildung der Benutzer– Personal und Qualifikation:

- Personen, welche die Maschine bedienen oder an der Maschine tätig werden, müssen vom Betreiber dazu ermächtigt und dazu geschult sein.
- Sie müssen vor Arbeitsbeginn die Betriebsanleitung, und hier besonders das Kapitel Sicherheitshinweise gelesen und verstanden haben.
- Sie müssen in der Lage sein, mögliche Gefahren zu erkennen und zu vermeiden. Dazu gehören auch Kenntnisse über die Unfallverhütungsvorschriften, die Erste-Hilfe- Maßnahmen und die örtlichen Rettungseinrichtungen.
- Inspektion, Wartung und Instandhaltung dürfen nur durch technische Fachkräfte mit Produktspezifischer Ausbildung sowie mechanischer und elektrischer Grundausbildung und Berufserfahrung ausgeführt werden.
- Für Planung und Kontrolle der Arbeiten sind Fachkräfte mit Produktspezifischer Ausbildung verantwortlich.

Hinweise zur Persönlichen Schutzausrüstung:

Der Betreiber muss dafür sorgen, dass alle an der Maschine tätigen Personen die persönliche Schutzausrüstung tragen. Die persönliche Schutzausrüstung besteht aus folgenden Elementen:

- Schutzbrille
- Schutzhandschuhe
- Sicherheitsschuhe
- Vorschriftsmäßige Arbeitskleidung

Sicherheitseinrichtungen:

Die Maschine ist mit folgenden Sicherheitseinrichtungen ausgestattet:

- Sicherheitshinweise und Verbotsschilder

Unfallverhütung

Befolgen Sie zur Verhütung von Unfällen folgende Maßnahmen:

- Verhindern Sie unbefugten Personen den Zugang zur Verpackungsmaschine.
- Halten Sie Fremdpersonen von den Gefahrenstellen und Gefahrenbereichen fern.
- Informieren Sie anwesende Fachpersonen wiederholt über Restgefahren. Informieren Sie sich zu den Restgefahren im Abschnitt „Restgefahren“.

Achtung!

Bei Sicherheitsrelevanten Änderungen von Maschinenteilen, der Maschine oder ihres Betriebsverhalten ist die Maschine sofort still zu setzen und die Störung der zuständigen Stelle/Person zu melden!

Hinweise!

Ohne schriftliche Genehmigung des Lieferanten/Herstellers dürfen keine Veränderungen, An- und Umbauten an der Maschine vorgenommen werden, welche die Sicherheit beeinträchtigen könnten! Dies gilt auch für den Einbau und die Einstellung von Sicherheitseinrichtungen sowie für Schweißarbeiten.

Ersatzteile müssen den vom Hersteller festgelegten Anforderungen entsprechen. Dies ist bei Originalersatzteilen immer gewährleistet.

Vorgeschriebene Prüfungs- und Wartungsintervalle sind einzuhalten. Zur Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen ist eine der Arbeit angemessene Werkstattausrüstung unbedingt notwendig.

Restgefahren – Risiken

Im Gefahrenbereich der Maschine bestehen Restgefahren für Personen und Sachen, die nicht durch Konstruktion oder technische Schutzmaßnahmen sinnvoll vermieden werden konnten:

- Mechanische Restgefahr
-

Gefährdung:

- Gefahr durch Einziehen oder Fangen

Beschreibung:

Körperteile, lange Haare oder Kleidungsstücke können sich bewegenden Förderbändern (Einlaufbereich der Maschine) erfasst und eingezogen werden. Dies kann zu irreparablen Schäden führen.

Schutzmaßnahme:

Während des Betriebes der Maschine ist es verboten sich im Einzugsbereich aufzuhalten.

Tragen Sie stets anliegende Kleidung und keinen Schmuck.

Gefährdung:

Gefahr durch Scheren/Quetschen

Beschreibung:

Das Berühren sich bewegender Teile der Maschine kann zu Verletzungen führen.

Schutzmaßnahme:

Greifen Sie niemals in den Ein- und Auslauf der Maschine solange sich diese in Bewegung befindet.

Gefährdung:

Bruch beim Betrieb

Beschreibung:

Wenn Verschleißteile der Maschine nicht Ordnungsgemäß durch neue ersetzt werden, können Bauteile der Maschine brechen und Personen gefährden.

Schutzmaßnahme:

Führen Sie Wartungs- und Inspektionsarbeiten regelmäßig durch und lassen Sie defekte oder verschlissene Bestandteile durch Originalteile ersetzen.

Elektrische Restgefahren

Gefährdung:

Gefahr durch direkten und indirekten elektrischen Kontakt

Beschreibung:

Ein defektes Kabel oder ein defekter Stecker kann zum Stromschlag führen.

Verletzungen durch spannungsführende Teile bei geöffneten elektrischen oder defekten Bauteilen.

Schutzmaßnahme:

Lassen Sie defekte Kabel oder Stecker immer vom Fachmann austauschen.

Verwenden Sie die Maschine nur an einem Anschluss mit (...).

Bei Wartungsarbeiten immer den Netzstecker ziehen.

Gefährdung:

Gefahr durch Wiederanlauf der Maschine nach einem Stromausfall

Beschreibung:

Die Maschine läuft nach einem Stromausfall, sofern alle Schutztüren geschlossen sind, wieder an. Verletzungen durch automatisch anlaufende Teile können die Folge sein.

Schutzmaßnahme:

Greifen Sie nie in die Ein- und Ausgänge der Maschine.

Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze

Gefährdung:

Gefahr durch unangemessene örtliche Beleuchtung.

Beschreibung:

Mangelhafte Beleuchtung stellt ein hohes Sicherheitsrisiko dar.

Schutzmaßnahme:

Sorgen Sie bei laufender Maschine immer für ausreichende Beleuchtung.

Gefährdung:

Nachlässiger Gebrauch persönlicher Schutzausrüstung

Beschreibung:

Bedienung des Gerätes ohne die entsprechende Schutzausrüstung kann zu Verletzungen führen.

Schutzmaßnahme:

Tragen Sie stets die vorgeschriebene Schutzkleidung und arbeiten Sie mit Bedacht.

Gefährdung:

Gefahr durch körperliche Überlastung

Beschreibung:

Beim Anheben oder Ausbau schwerer Maschinenteile durch deren Gewicht.

Schutzmaßnahme:

Verwenden Sie immer angemessene mechanische Hilfsmittel wenn schwere Maschinenteile ausgebaut werden müssen.

Gefährdung:

Brandgefahr bei Unterlassung der Erdung.

Beschreibung:

Epoxide und lösungsmittelhaltige Reinigungsmittel können durch elektrostatische Ladungen entzündet werden.

Schutzmaßnahme:

Der Betrieb der Maschine ist verboten, wenn sie nicht vorschriftsgemäß geerdet ist.

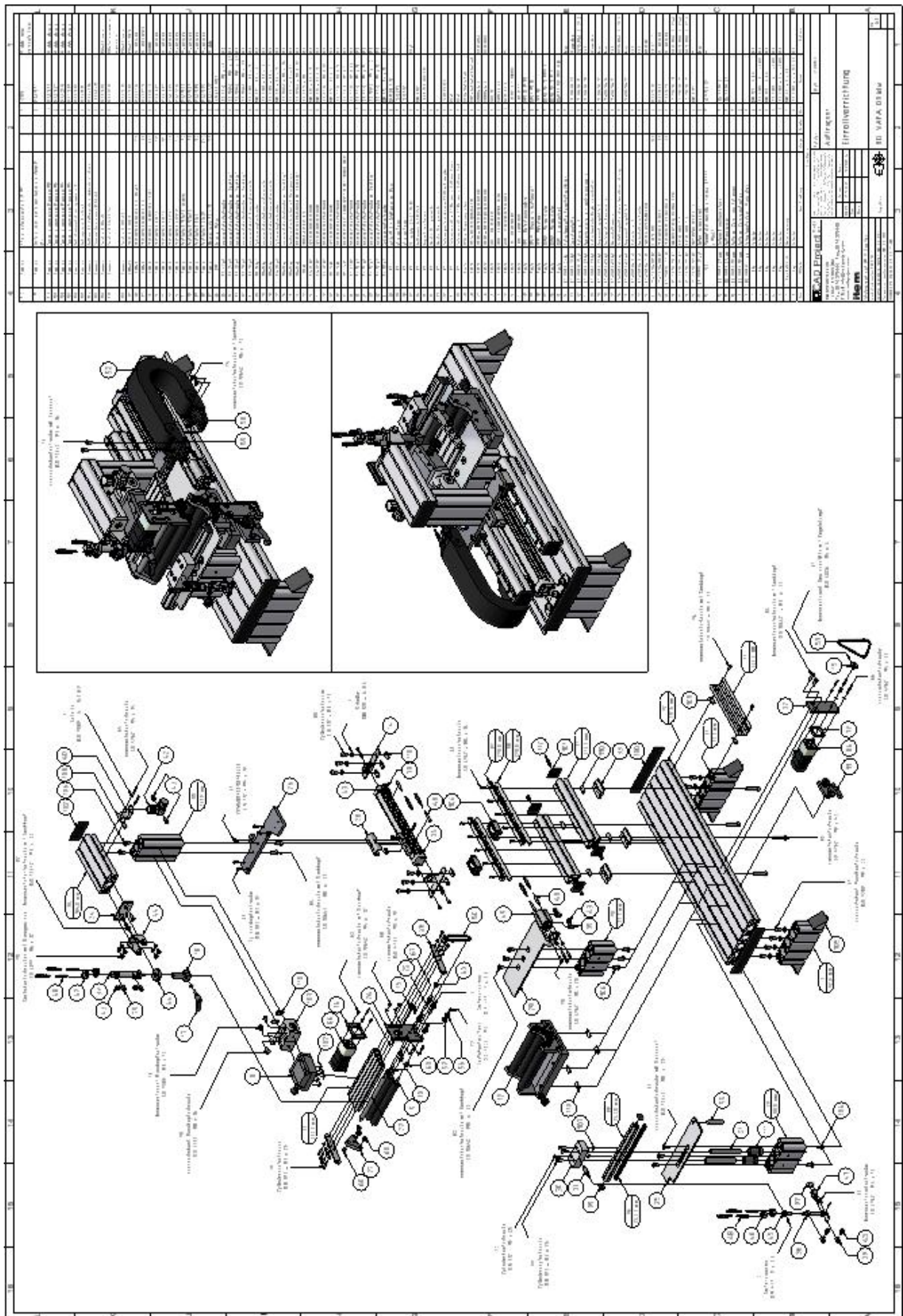
13 Anlage B

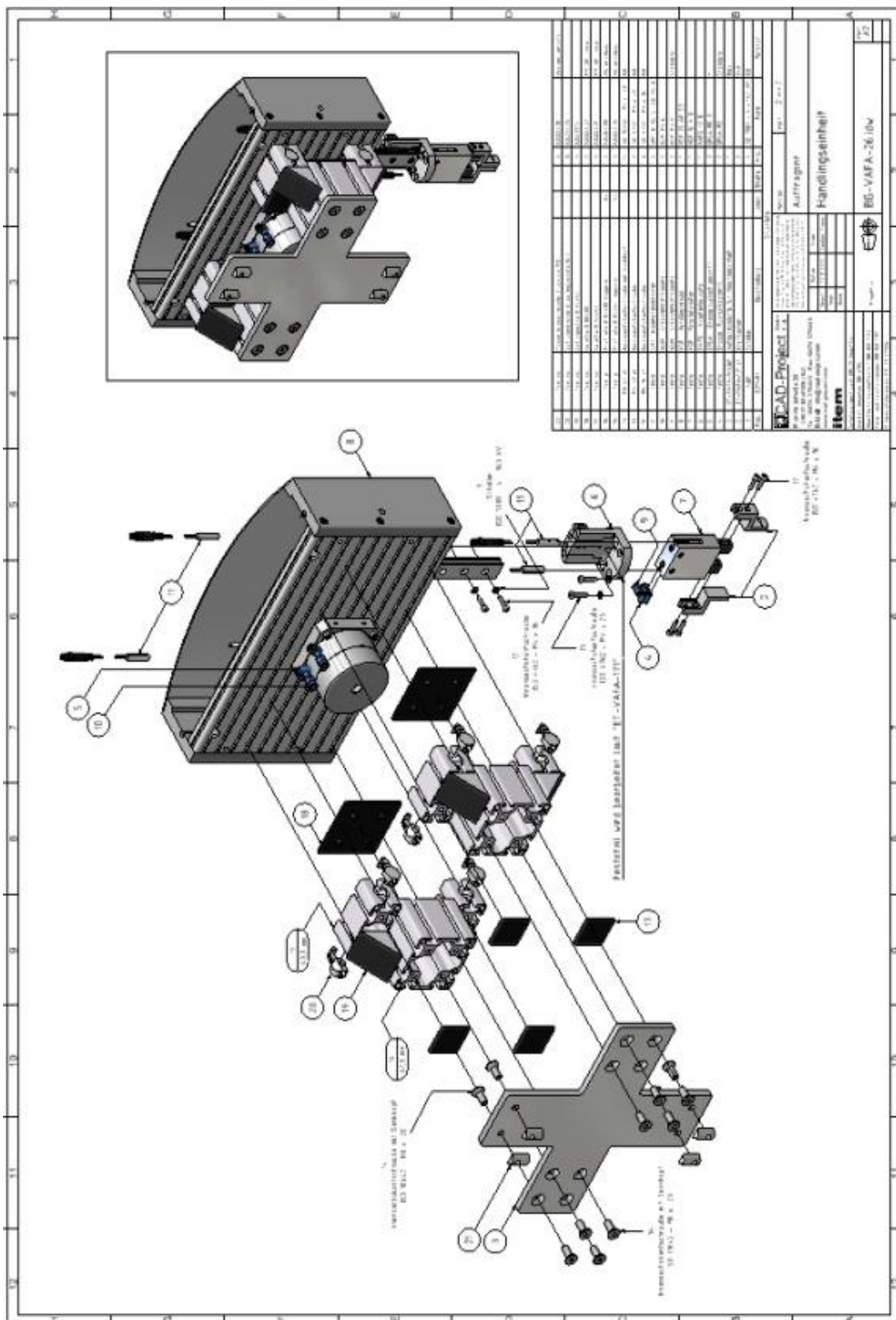
13.1 Einkaufsliste der Festo-Produkte

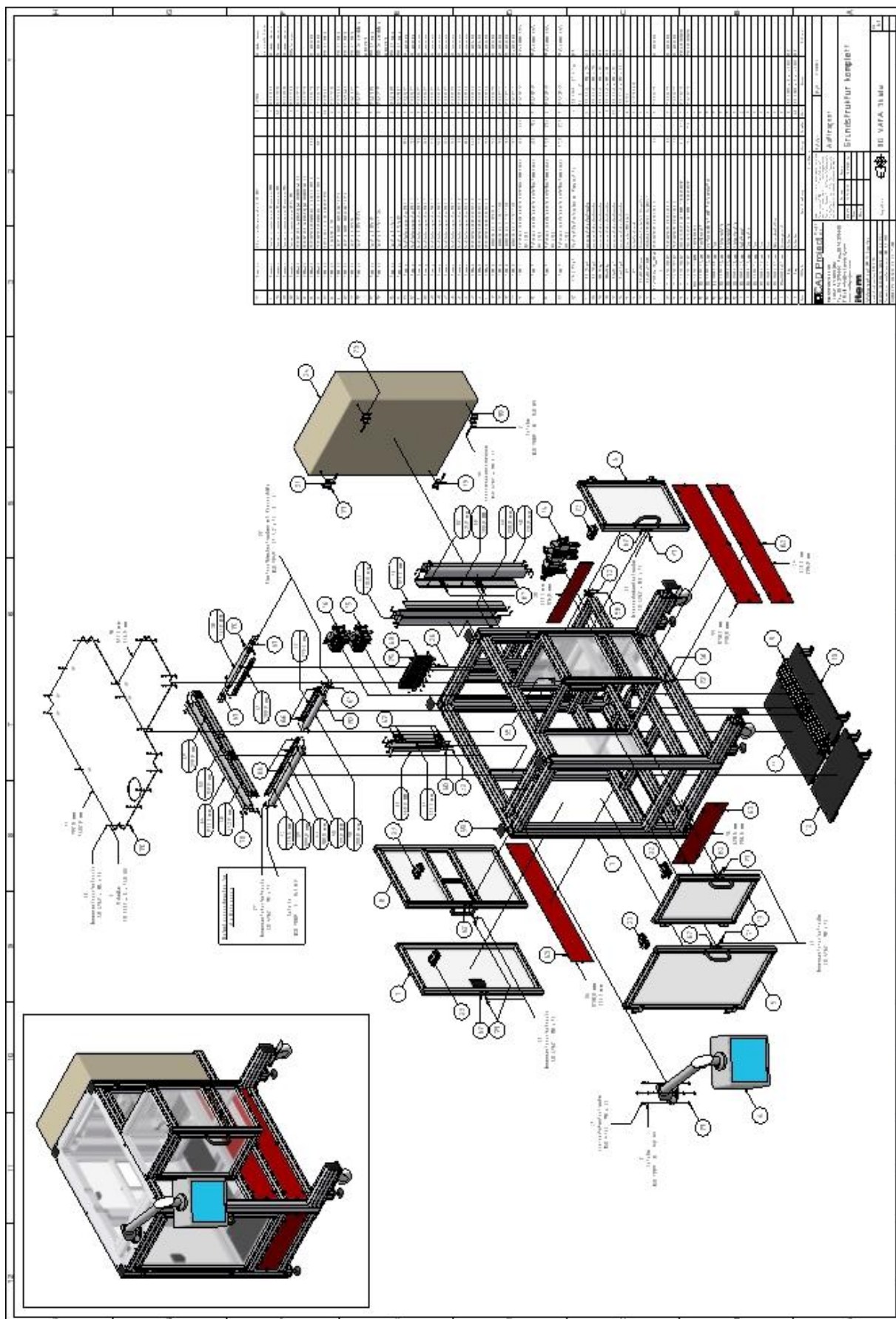
13.2 Pneumatikplan

13.3 Explosions-Zeichnungen

Stückliste-Festo-Artikel - Projekt: Verpackungsanlage VA					10.12.2009
Pos	Herst.	Beschreibung	Anz.	Artikel FESTO	Baugruppe
15	Festo	Wartungsgeräte-Kombination - MSB6	1	MSB6-AGD:C4:J6:D4:A1:F3-WP- 531030	BG-VAFA-36
9	Festo	QSM - Steckverschraubung	2	QSM-M3-4	BG-VAFA-26
41	Festo	ADVC - Kurzhubzylinder	2	ADVC-20-5-I-P-A	BG-VAFA-15
42	Festo	DGC - Linearantrieb	1	DGC-8-300-KF-P-A ZUB-F	BG-VAFA-15
36	Festo	DGP - Linearantrieb	1	DGP-18-170-PPV-A-B	BG-VAFA-09
6	Festo	DGP - Linearführung	1	DGP-18-275-PPV-A-B	BG-VAFA-16
11	Festo	DGPL - Linearantrieb	1	DGPL-25-260-PPV-A-KF-B	BG-VAFA-05
12	Festo	DSM - Schw enkm modul	1	DSM-32-270-P-FW-A-B	BG-VAFA-05
37	Festo	DSNU - Normzylinder	1	DSNU-10-25-P-A	BG-VAFA-09
38	Festo	DSNU - Normzylinder	1	DSNU-16-25-PPV-A	BG-VAFA-09
39	Festo	FKP - Mitnehmer	1	FKP-18	BG-VAFA-09
7	Festo	FKP - Mitnehmer	1	FKP-18	BG-VAFA-16
13	Festo	GRLA - Drosselrückschlagventil	4	GRLA-1/8-B	BG-VAFA-05
2	Festo	Drossel-Rückschlagventil	2	GRLA-M3	BG-VAFA-26
23	Festo	GRLA - Drosselrückschlagventil	2	GRLA-M5-B	BG-VAFA-07
40	Festo	GRLA - Drosselrückschlagventil	8	GRLA-M5-B	BG-VAFA-09
44	Festo	GRLA - Drosselrückschlagventil	2	GRLA-M5-B	BG-VAFA-15
8	Festo	GRLA - Drosselrückschlagventil	2	GRLA-M5-B	BG-VAFA-16
5	Festo	GRLA - Drosselrückschlagventil	2	GRLA-M5-B	BG-VAFA-26
43	Festo	GR - Drosselrückschlagventil	2	GR-M5-B	BG-VAFA-15
16	Festo	GR - Drosselrückschlagventil	2	GR-M5-B	BG-VAFA-29
6	Festo	HAPG - Adapterbausatz	1	HAPG-72-B	BG-VAFA-26
7	Festo	HGP - Parallelgreifer	1	HGP-16-A-B	BG-VAFA-26
1	Festo	Fußbefestigung	1	HP-18	BG-VAFA-16
1	Festo	Fußbefestigung	1	HP-25	BG-VAFA-05
24	Festo	HPV - Vereinzler	1	HPV-14-40-A	BG-VAFA-07
41	Festo	HRS - Befestigungsw inkel	1	HRS-D-MICRO	BG-VAFA-09
8	Festo	HSP - Handlingsmodul	1	HSP-25-A-P-SD	BG-VAFA-26
42	Festo	LR - Druckregler	1	LR-M5-D-7-MICRO	BG-VAFA-09
14	Festo	QS - Steckverschraubung	4	QS-1/8-6	BG-VAFA-05
38	Festo	L-Steckverschraubung	8	QSM-M5-6	BG-VAFA-29
25	Festo	QSM - Steckverschraubung	2	QSM-M5-6	BG-VAFA-07
43	Festo	QSM - Steckverschraubung	10	QSM-M5-6	BG-VAFA-09
46	Festo	QSM - Steckverschraubung	4	QSM-M5-6	BG-VAFA-15
10	Festo	QSM - Steckverschraubung	2	QSM-M5-6	BG-VAFA-26
17	Festo	QSM - Steckverschraubung	4	QSM-M5-6	BG-VAFA-29
45	Festo	QSM - Steckverschraubung	4	QSM-M5-6-I	BG-VAFA-15
18	Festo	QSM - Steckverschraubung	2	QSM-M5-6-I	BG-VAFA-29
44	Festo	SBN - Schw enkbefestigung	1	SBN-20/25	BG-VAFA-09
19	Festo	SLS - Mini-Schlitten	2	SLS-16-25-P-A	BG-VAFA-29
45	Festo	STA - Stopperzylinder	1	STA-20-15-P-A	BG-VAFA-09
15	Festo	YSRF-S - Befestigungsflansch	2	YSRF-S-8-C	BG-VAFA-05
16	Festo	YSRW - Stoßdämpfer	2	YSRW-8-14	BG-VAFA-05
	Festo	Mehrfachverteiler	1	QSLV2-1/4-10	
	Festo	L-Steckverschraubung	2	QSL-1/4-10	
	Festo	Steckverschraubung	1	QS-1/4-10	
	Festo	Reduziernippel	1	D-1/4I-1/2A	
	Festo	Ventilinsel	1	10P-14-8B-MP-R-Y-MG3NCMN+MZURA-D	
	Festo	Ventilinsel	1	10P-14-8B-MP-R-Y-5NGLL+MZURA-D	
	Festo	Rückschlagventile HGL-B, gesteuert	2	HGL-1/8-1/8-B	







14 Literatur

Bücher:

- (1) H. MEIXNER, E. SAUER, Lernsystem – Steuerungstechnik - Elektropneumatik, Esslingen 1988, S. 3-13.
- (2) HABERMANN, WEISS, Step 7 – Crashkurs, Berlin 2000, S.14-19.

Internetquellen:

<http://www.item.com>, 10.10.2010.

<http://www.technkontakte.at/main>, 11.10.2010.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Automatisierungstechnik>, 13.12.2010.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Complacency-Effekt>, 13.12.2010

<http://de.wikipedia.org/wiki/Amortisation>, 10.11.2010

<http://catalog.item.info/Onlinekatalog/>, 23.09.2010

<http://www.arbeitssicherheit.leuze.de>, 15.01.2011.

15 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Sand in Taufers, den 01.03.11

Martin Niederwolfsgrubner